

金华市郊土壤和杂草元素含量特征及数量分析*

Characteristics and Quantitative Analysis of Elements in Weeds and Soil in Jinhua Suburb

周化斌 郭水良** 黄朝表** 边媛** 林国平**

Zhou Huabin Guo Shuilang Huang Chaobiao Bian Yuan Lin Guoping

(温州师范学院初等教育学院 浙江瑞安 325200)

(The Elementary Education College, Wenzhou Teacher's College, Re'án, Wenzhou, Zhejiang, 325200, China)

摘要 测定浙江金华郊区33个样点的土壤和38种杂草的51份植物材料中K、Mg、Ca、Mn、Zn、Cr、Cu、Pb、Cd元素含量,结果表明,9种元素在土壤中的含量K>Mg>Ca>Mn>Zn>Cr>Cu>Pb>Cd,在植物体内K>Ca>Mg>Zn>Mn>Pb>Cu>Cr>Cd,9种元素在土壤中的含量变异为Mn>Cd>Ca>Zn>Cr>Cu>Mg>Pb>K;在杂草中,除Zn、Mn外,其余7种元素均以根部元素含量在种间的变异最大,地上部分的变异幅度比较接近,杂草对元素的富集作用为Ca>K>Mg=Cd>Pb>Zn>Mn>Cu>Cr>Ca>K>Mg,元素在植物的地上部分的含量高于地下部分,9种重金属元素中,仅Mn在叶中的含量高于根部,其余均是根>叶>茎>花果(除Cu外),生长于重金属污染环境下的空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、卷耳(*Cerastium viscosum*)、臭芥(*Coronopus didymus*)、钻形紫菀(*Aster subulatus*)、光风轮(*Clinopodium confines*)、水蓼(*Polygonum hydropiper*)、水苦苣(*Veronica undulata*)、三白草(*Saururus chinensis*)、鹅观草(*Roegneria kamoji*)、波斯婆婆纳(*Veronica persica*)、石龙芮(*Ranunculus sceleratus*)、水芹(*Onanthe javanica*)、龙葵(*Solanum nigrum*)、一年蓬(*Conyza annunus*)、北美车前(*Plantago virginica*)、直立婆婆纳(*Veronica arvensis*)等的体内重金属含量较高。

关键词 杂草 土壤 元素含量

中图分类号 Q945

Abstract The contents of nine elements including K, Mg, Ca, Mn, Zn, Cr, Cu, Pb and Cd in the 51 weed samples and 33 soil samples collected from Jinhua suburb, Zhejiang, China were determined. The results are as follows. The mean elements concentration in soil followed an order as K>Mg>Ca>Mn>Zn>Cr>Cu>Pb>Cd, in weeds as K>Ca>Mg>Zn>Mn>Pb>Cu>Cr>Cd. The coefficients of variation of the concentration of the elements among the soil samples followed as Mn>Cd>Ca>Zn>Cr>Cu>Mg>Pb>K. The higher variation coefficients of the concentration of the elements excluding Zn and Mn were found among the roots of the different weeds. The accumulation coefficients of the elements arranged as Ca>K>Mg=Cd>Pb>Zn>Mn>Cu>Cr. The contents of Ca, K, Mg were higher in the stems, leaves, inflorescence and fruits than in the roots. The higher concentration of Mn was found in leaves, but Ca, Cr, Mn, Pb and Zn were higher in roots, following leaves and stems, inflorescences and fruits (excluding Cu). *Alternanthera philoxeroides*, *Cerastium viscosum*, *Coronopus didymus*, *Aster subulatus*, *Clinopodium confine*, *Polygonum hydropiper*, *Veronica undulata*, *Saururus chinensis*, *Roegneria kamoji*, *Veronica persica*, *Ranunculus sceleratus*, *Onanthe javanica*, *Solanum nigrum*, *Conyza annunus*, *Plantago virginica* and *Veronica arvensis* have the higher concentration of the heavy metal elements in the contaminated environments by heavy metal elements.

Key words weed, soil, content of elements

2002-01-11收稿, 2002-06-23修回。

* 浙江省测试基金项目资助(“外来杂草对重金属吸收与富集作用研究(编号:00066)”工作的一部分)。

** 浙江师范大学生命与环境科学学院 浙江金华 321004 (College of Life and Environmental Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang, 321004, China)

杂草在控制水土流失、改良土壤、保护和恢复生态平衡、作为家畜饲料、丰富物种多样性等方面起着重要的作用。我们对金华郊区33个样点中的土壤和38种杂草的51份植物材料的K、Mg、Ca、Mn、Zn、Cr、Cu、Pb、Cd等9种元素进行含量测定和统计,得出金

金华市郊土壤中和植物体内各种元素含量的情况,归纳出这些元素在植物体内的富集情况和分布情况,从而为环境整治、杂草的合理利用积累有参考价值的资料,也有利于了解区域环境质量和认识杂草在农田生态系统的元素循环中的作用。另外,本文还筛选出空心莲子草 (*Alternanthera philoxeroides*) 等多种植物对重金属有较强的忍受能力和富集能力,为利用这些植物进行土壤修复提供依据。

1 研究地区的自然条件

金华市位于浙江省中部,界于北纬 $28^{\circ}42' \sim 29^{\circ}18'$,东经 $119^{\circ}11'28'' \sim 119^{\circ}57'35''$ 之间,年平均日照时数 2062.6 h,属山地季风气候,年降水量 1350~1997 mm,平均气温 17.3°C ,极端最低气温 -9.6°C ,极端最高气温 41.2°C ,7月平均气温 29.4°C ,1月平均气温 5°C ,无霜期平均 257 d, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的平均积温为 5504. 5°C 。调查区域的土壤属于紫泥沙土、红紫泥沙土、紫砂土等土壤类型。

2 研究方法

2.1 样品采集

于 2000 年 2~5 月,在浙江金华市郊的不同环境中

表 1 33 个样点 9 种元素含量

土样序号* No. of soil samples	元素含量 Contents of elements ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)									杂草* Weed corresponded
	Ca	Cd	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Pb	Zn	
1	19.75	1.60	37.20	24.20	3684.50	1561.50	156.05	26.65	45.00	1, 2, 3
2	3089.00	2.10	402.50	128.00	2529.00	3754.00	926.00	32.00	111.00	4
3	1339.50	1.80	40.10	4.80	3866.50	476.00	65.60	48.65	4.65	5
4	517.50	6.25	44.10	161.55	4169.50	2036.00	385.35	88.60	624.00	6, 7
5	75.60	2.15	37.10	42.20	3704.50	1639.00	197.15	40.15	103.50	8, 9, 10
6	315.50	2.88	53.25	42.85	10035.00	1820.00	198.00	36.45	208.00	11
7	80.65	0.75	35.55	24.20	4103.50	1262.50	95.85	26.65	60.50	12, 13, 15, 16, 23
8	427.80	1.95	39.00	37.20	3812.00	1463.50	105.40	24.95	82.00	14
9	66.75	3.35	55.35	86.15	2804.00	1857.50	256.30	53.25	291.50	17
10	1264.50	1.00	38.75	4.65	4073.00	473.50	55.55	52.70	14.00	18, 19, 20, 21, 24
11	3951.50	5.60	79.95	107.10	1000.00	2010.00	236.20	114.50	414.00	22
12	502.25	1.10	42.75	41.03	11775.00	301.25	37.60	20.23	57.25	25
13	26.35	1.48	27.75	39.70	8607.50	2007.50	141.75	42.15	448.00	26
14	38.38	1.05	51.00	12.98	5995.00	793.75	90.90	37.60	82.50	27, 28
15	1100.25	2.05	13.80	25.85	13527.50	1832.75	238.75	14.50	538.25	29

设立 33 个样点,分别收集每个样点的土壤样品和杂草样品。土壤样品取 A 层 1~10 cm 的土壤,每个样点收集 4 份,混均后作该样点的土样,共 33 份;杂草样品共 5 份(部分杂草取自于相同的样方),涉及 38 个种。

2.2 样品元素含量测定

对杂草样品,测定根、茎、叶和花果这 4 种器官的 K Ca Mg Cd Cr Cu Mn Pb Zn 元素含量,部分样品仅测定 2~3 种器官的元素含量。土壤样品也分别测定以上的这 9 种元素含量。

植物样品,先用自来水洗去尘土和夹杂物,再用蒸馏水冲洗干净,分别取其根、茎、叶、花(穗)晾干,粉碎,保存于干燥器中。土壤样品,首先除去杂质,置于 85°C 恒温烘箱中干燥至恒重,研磨,用土壤筛(孔径为 2 mm 1 mm 0.25 mm)逐级筛选后取其细碎部分。

应用日本岛津 AA-670 型原子吸收/火焰发射分光光度计,测定 Ca Cd Cr Cu Mn Pb Mg Pb Zn 元素在样品中的含量^[1]。

3 结果与分析

土样和植物材料中 9 种元素含量的测定结果见表 1 和表 2 为反映杂草对土壤元素的富集作用,表 1 中的杂草序号与表 2 中的杂草序号具有对应性。

续表 1

土样序号* No. of soil samples	元素含量 Contents of elements(mg·kg ⁻¹)									杂草** Weed corresponded
	Ca	Cd	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Pb	Zn	
16	21.53	1.73	69.75	14.10	10487.50	3460.00	74.28	37.05	78.25	30
17	96.05	2.50	54.00	47.65	10467.50	882.50	56.75	43.65	286.25	31
18	241.58	2.13	38.25	19.58	5325.00	1058.75	65.63	30.58	132.00	32
19	139.20	1.63	23.63	18.90	13980.00	2095.00	122.60	24.13	131.50	33
20	40.35	1.58	91.00	29.20	11510.00	1491.25	109.48	40.45	284.50	34
21	1820.50	1.90	68.75	27.70	8472.50	1447.50	123.83	48.15	243.00	35
22	54.40	2.08	52.25	26.60	9327.50	1542.50	168.50	40.08	160.00	36
23	34.10	1.40	43.25	28.13	18437.50	3232.50	422.75	31.38	281.75	37
24	30.80	0.35	16.50	21.33	7940.00	1113.75	46.98	17.58	91.50	38
25	25.83	1.10	47.25	23.33	11817.50	1678.75	186.00	27.23	125.00	39
26	238.70	1.83	37.00	12.65	13122.50	1572.50	275.50	31.95	140.50	40
27	1481.00	27.20	100.63	119.08	11618.75	1784.504	206.25	124.70	1152.50	41
28	241.58	2.13	38.25	19.58	5325.00	1058.75	65.63	30.58	132.00	42
29	5000.00	7.46	331.79	121.82	6023.50	448.57	416.79	34.50	1182.14	43
30	1556.25	2.48	91.88	22.95	15289.06	6164.06	146.88	29.63	94.69	44, 48, 49
31	205.94	1.25	64.06	9.70	18515.63	1920.31	15.83	16.95	36.88	45, 50, 51
32	1988.75	1.55	40.94	13.30	17609.38	1987.50	114.25	23.63	85.00	46
33	682.19	0.85	51.25	5.10	16070.31	729.69	82.85	31.95	22.19	47
A 平均值 Average	809.52	2.92	68.44	41.31	8940.17	1725.97	299.16	40.10	234.65	
变异系数 Coefficient of variation(%)	147	156	115	97	55	64	237	61	119	

* 土壤 1~ 11, 27 29取自于某铅锌厂周缘地段, 其余取自于浙师大校园周围、金华罗店、双龙等地。* * : 1~ 51是杂草序号, 与表 2 中的杂草序号对应。* No. 1~ 11, 27 29 of soil were sampled around a lead-zinc factory, while others from the campus of Zhejiang Normal University, Jinhualuo shop and Shuanlong. * * : No. 1~ 51 are the same as the No. of weeds in table 2.

表 2 51份植物材料 9种元素含量

Table 2 The contents of nine elements in 51 plant samples

杂草* Weed	器官 Organ	元素含量 Contents of elements(mg·kg ⁻¹)								
		Ca	Cd	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Pb	Zn
1. 多花黑 麦草 <i>Lolium multiflorum</i>	茎 Stems	1003.18	1.39	10.18	4.57	22228.84	567.89	121.03	1.99	98.33
	叶 Leaves	2544.67	2.73	5.90	13.71	18664.31	980.00	141.32	12.92	196.11
	花果 Inflorescences and fruits	1519.88	1.62	3.72	6.49	18620.74	873.21	108.35	1.85	220.80
2. 石龙芮 <i>Ranunculus sceleratus</i>	根 Roots	4727.26	5.69	9.74	17.10	52421.28	1263.52	88.82	24.89	1009.07
	茎 Stems	7051.54	0.65	3.95	19.45	65796.05	796.79	208.77	13.46	185.78
	叶 Leaves	5123.24	0.77	5.19	9.02	30443.75	789.36	213.68	18.59	438.78
	花果 Inflorescences and fruits	2344.49	2.14	5.77	18.07	30175.08	923.02	109.86	9.76	334.19
3. 看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	茎 Stems	854.40	1.24	5.70	1.99	26741.64	230.64	46.10	1.52	149.04
	叶 Leave	2918.41	1.55	5.67	9.41	20471.34	789.64	141.63	3.25	209.96
	花果 Inflorescences and fruits	1618.15	0.23	7.83	3.08	14527.98	671.00	88.16	5.09	80.55

续表 2

杂草* Weed	器官 Organ	元素含量 Contents of elements(mg kg ⁻¹)									
		Ca	Cd	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Pb	Zn	
4.小飞蓬 <i>Conyza canadensis</i>	根 Roots	2 413.83	2.10	7.29	3.02	24 652.81	672.15	40.29	9.77	43.21	
	茎 Stems	4 334.30	2.22	8.24	11.55	31 032.17	805.87	26.64	8.69	99.08	
	叶 Leaves	5 042.83	2.74	9.76	9.19	62 319.45	962.75	146.11	18.45	236.58	
5.小飞蓬 <i>C. canadensis</i>	根 Roots	2 887.01	2.81	10.98	4.65	4 703.83	357.39	38.68	24.27	172.72	
	茎 Stems	4 229.70	2.74	9.90	6.47	60 521.99	406.30	29.81	23.21	14.18	
	叶 Leaves	5 443.79	2.82	9.81	4.82	66 768.17	892.82	155.90	21.52	205.17	
6.空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	根 Roots	5 237.32	25.00	70.29	32.61	381 123.19	2 461.96	1 268.48	47.28	1 699.28	
	茎 Stems	14 039.96	5.86	31.48	10.82	128 590.75	1 935.10	186.45	75.57	1 108.77	
	叶 Leaves	6 648.89	2.46	17.43	19.44	67 391.30	1 483.59	159.02	18.01	753.08	
7.水芹 <i>Onanthe javanica</i>	茎 Roots	7 350.33	2.66	17.52	5.80	90 716.93	1 307.83	258.80	10.46	537.69	
	叶 Leaves	4 059.85	2.12	12.90	7.98	43 659.92	1 038.34	40.71	16.20	518.76	
8.鹅观草 <i>Roegneria kamoji</i>	根 Roots	2 718.18	5.99	10.24	19.14	21 857.28	648.87	69.71	82.94	149.65	
	茎 Stem	2 043.14	2.32	1.70	4.65	23 168.05	502.35	73.15	24.24	153.08	
	叶 Leaves	7 129.16	2.02	3.19	12.23	47 643.95	982.77	80.49	23.31	55.41	
9.杨子毛茛 <i>Ranunculus sieboldii</i>	茎 Stems	6 600.53	3.01	1.84	9.41	34 785.15	1 301.53	91.44	30.37	622.39	
	叶 Leaves	7 988.12	3.02	4.64	11.23	38 443.30	1 355.06	233.28	30.55	63.96	
	花果 Inflorescences and fruits	5 863.27	1.90	2.15	13.92	31 150.20	2 459.16	93.69	33.36	56.46	
10.水苦苣 <i>Veronica undulata</i>	茎 Stems	11 420.73	2.71	3.48	12.73	42 076.21	1 456.15	30.16	30.73	61.05	
	叶 Leaves	14 505.31	8.80	10.62	26.13	43 285.36	1 858.58	154.00	115.01	89.16	
11.菝葜 <i>Zigania caduciflora</i>	根 Roots	3 055.28	3.88	6.21	31.60	37 134.58	1 538.87	104.81	30.66	203.66	
	茎 Stems	2 864.34	6.78	1.42	18.41	110 626.62	2 499.35	136.43	68.99	306.85	
	叶 Leaves	3 697.99	1.07	4.16	9.33	37 807.34	1 085.76	142.45	21.80	103.90	
12.空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	根 Roots	25 117.02	7.71	15.69	56.38	46 409.57	3 811.17	123.67	75.53	714.89	
	茎 Stems	10 169.34	3.21	2.94	22.76	76 351.75	3 479.65	38.80	30.66	199.05	
	叶 Leaves	6 700.92	1.87	3.56	21.30	60 693.64	3 075.84	65.24	31.23	119.09	
13.羊蹄 <i>Rumex japonicus</i>	根 Roots	7 394.12	4.81	6.33	18.34	38 347.04	2 287.32	38.86	31.22	109.62	
	茎 Stems	4 842.25	3.64	3.94	9.51	59 654.55	3 603.61	13.28	14.45	63.02	
	叶 Leaves	3 393.68	4.36	3.92	11.42	67 636.65	2 580.79	31.24	26.88	70.14	
14.波斯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	根 Roots	9 724.13	10.37	4.46	17.39	64 406.27	1 478.75	19.36	71.54	26.82	
	茎 Stems	6 903.93	2.99	3.41	8.76	77 588.35	912.15	9.56	24.49	35.17	
	叶 Leaves	9 689.53	4.71	4.14	15.37	67 080.74	1 464.88	28.34	34.07	104.18	
	花果 Inflorescences and fruits	8 395.21	4.89	2.91	13.71	66 845.26	1 706.89	21.30	40.96	51.68	
15.水芹 <i>Onanthe javanica</i>	根 Roots	7 779.80	5.51	3.84	17.76	58 061.19	8 119.65	105.50	40.50	77.28	
	茎 Stems	9 126.49	2.10	3.91	19.48	99 758.93	4 571.75	209.81	30.57	33.32	
	叶 Leaves	13 994.83	2.72	7.89	22.01	81 558.55	6 563.58	370.21	54.67	44.02	
16.三白草 <i>Saururus chinensis</i>	根 Roots	7 356.92	2.78	5.03	17.69	48 885.71	1 488.03	85.15	84.72	28.18	
	茎 Stems	3 626.11	1.77	1.24	13.27	65 612.88	1 281.44	64.27	26.15	15.53	
	叶 Leaves	6 451.05	2.17	3.22	16.66	65 247.25	2 892.43	111.41	25.95	57.77	
17.水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>	根 Roots	1 706.12	7.86	8.43	49.56	40 972.35	4 822.95	64.62	46.72	254.45	
	茎 Stems	4 214.63	1.20	3.71	18.04	47 726.11	7 254.20	423.95	19.21	24.27	
	叶 Leaves	2 216.73	0.85	3.32	13.81	44 876.60	7 722.07	1 616.71	12.24	37.17	
18.龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	茎 Stems	6 303.22	2.35	2.41	8.60	53 439.12	4 862.32	578.62	10.62	7.52	
	叶 Leaves	44 068.52	2.64	2.69	22.12	21 903.36	5 014.71	1 430.64	14.46	20.57	
19.光风轮 <i>Clinopodium confine</i>	根 Roots	8 966.17	9.40	25.06	69.55	46 313.70	4 281.54	543.23	104.22	54.09	
	茎 Stems	7 806.57	1.97	3.04	25.57	72 801.26	4 102.67	261.99	33.01	5.22	
	叶 Leaves	9 779.63	2.37	6.70	24.62	57 531.11	4 639.39	816.64	60.00	94.90	
	花果 Inflorescences and fruits	13 489.12	2.03	5.44	40.06	78 809.87	5 805.52	798.26	78.45	51.71	
20.车前 <i>Plantago asiatica</i>	根 Roots	641.31	2.80	0.00	23.41	39 129.89	525.09	28.34	10.33	6.13	
	叶 Leaves	4 386.84	2.40	2.33	18.94	32 126.75	1 710.12	73.68	4.73	11.77	

续表 2

杂草* Weed	器官 Organ	元素含量 Contents of elements(mg kg ⁻¹)									
		Ca	Cd	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Pb	Zn	
21.卷耳 <i>Cerastium viscosum</i>	根 Roots	18 545.31	17.25	21.63	33.47	58 444.90	4 410.40	122.30	226.83	122.30	
	茎 Stems	7 808.65	3.17	4.32	9.86	91 566.66	2 049.98	39.21	34.44	30.82	
	叶 Leaves	13 698.08	4.87	3.91	18.13	117 132.59	4 423.32	67.09	36.74	30.51	
	花果 Inflorescences and fruits	4 976.52	3.14	4.24	14.89	56 922.35	2 414.77	45.61	18.79	17.05	
22.空心莲 子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	根 Roots	5 572.57	6.55	5.52	26.73	37 195.69	1 738.30	371.86	18.07	94.80	
	茎 Stems	4 530.70	3.27	4.07	20.54	62 138.04	2 162.51	126.76	7.04	77.08	
	叶 Leaves	7 513.57	3.85	3.94	26.08	82 326.14	3 126.62	86.61	19.97	67.48	
23.石龙芮 <i>Ranunculus sceleratus</i>	茎 Stems	8 061.69	2.73	1.13	10.07	76 492.35	2 574.74	28.97	24.75	73.12	
	叶 Leaves	8 895.24	1.81	1.02	8.72	49 417.27	3 160.72	36.80	31.42	219.02	
	花果 Inflorescences and fruits	4 982.76	2.50	2.62	24.05	46 436.78	3 101.67	14.14	34.20	121.41	
24.钻形紫 菀 <i>Aster subulatus</i>	根 Roots	20 812.37	8.80	31.44	26.91	69 605.13	7 482.39	34.46	70.42	226.36	
	叶 Leaves	4 528.10	2.75	6.11	22.34	70 422.27	3 479.31	38.71	26.50	43.91	
25.蓖麻 <i>Ricinus communis</i>	根 Roots	3 184.50	0.60	1.20	3.88	23 453.13	1 625.00	10.55	5.10	31.56	
	茎 Stems	4 203.25	1.88	2.10	2.23	29 375.00	1 259.38	14.05	15.48	30.94	
	叶 Leaves	12 432.75	1.43	2.83	5.70	17 085.94	3 593.75	30.65	19.58	50.00	
	花果 Inflorescences and fruits	12 410.29	1.62	6.46	6.22	122 215.16	3 745.51	26.02	30.14	85.98	
26.印度焊 菜 <i>Rorippa indica</i>	根 Roots	6 486.00	2.00	0.70	3.58	27 125.00	681.25	9.45	17.55	69.69	
	茎 Stems	10 365.75	3.18	2.78	6.10	60 046.88	729.69	11.33	23.18	87.19	
	叶 Leaves	14 625.00	3.78	3.65	6.85	85 312.50	1 635.94	46.20	25.48	82.50	
	花果 Inflorescences and fruits	6 378.25	4.24	11.67	9.52	64 674.15	1 740.70	35.50	34.95	140.36	
27.刺果毛 茛 <i>Ranunculus muricatus</i>	根 Roots	17 118.21	6.87	5.29	20.15	63 624.65	2 664.19	69.08	25.44	123.42	
	茎 Stems	10 986.00	2.03	3.33	11.33	75 734.38	1 076.56	37.03	18.48	36.25	
	叶 Leaves	14 132.75	1.78	4.10	7.65	82 890.63	2 318.75	62.88	19.43	55.94	
	花果 Inflorescences and fruits	9 693.75	1.98	0.68	14.48	38 070.31	2 648.44	29.00	19.00	54.69	
28.臭芥 <i>Coronopus didymus</i>	根 Roots	3 298.53	2.24	45.12	6.87	46 316.25	963.84	23.47	22.89	96.58	
	茎 Stems	13 142.25	1.55	2.95	8.80	90 937.50	1 776.56	28.28	16.85	91.88	
	叶 Leaves	3 972.00	2.95	3.53	14.13	84 687.50	2 654.69	56.13	25.38	114.06	
	花果 Inflorescences and fruits	4 997.06	2.62	3.51	9.83	61 248.26	2 051.65	32.48	22.30	101.75	
29.白三叶 <i>Trifolium repens</i>	根 Roots	5 568.75	3.05	2.80	10.13	45 476.56	2 193.75	61.10	20.13	165.00	
	茎 Stems	5 859.50	1.78	2.40	5.58	40 835.94	2 718.75	17.18	17.30	52.81	
	叶 Leaves	10 570.25	1.23	4.05	7.50	62 789.06	2 356.25	47.98	15.80	76.56	
30.一年蓬 <i>Conyza annuus</i>	根 Roots	5 300.00	5.65	2.50	37.53	45 375.00	601.56	126.25	14.80	72.19	
	茎 Stems	4 997.00	0.47	0.83	19.15	98 984.38	779.69	47.30	8.03	70.94	
	叶 Leaves	4 337.50	4.33	2.03	23.28	71 328.13	806.25	125.95	13.78	115.63	
31.天蓝首 蓿 <i>Medicago lupulina</i>	根 Roots	5 267.19	7.67	9.67	34.10	31 988.72	1 571.45	50.50	48.78	213.11	
	茎 Stems	3 890.75	2.05	0.98	7.78	82 578.13	1 965.63	14.83	13.73	59.69	
	叶 Leaves	16 358.30	1.68	1.96	11.46	54 903.73	2 629.24	45.13	13.51	70.20	
32.婆婆纳 <i>Veronica didyma</i>	根 Roots	8 906.57	11.12	1.37	23.44	48 767.97	1 668.38	46.54	84.36	183.95	
	茎 Stems	7 068.69	2.52	0.77	11.31	97 593.85	1 739.22	10.10	19.39	53.12	
	叶 Leaves	10 880.68	4.04	3.01	16.19	89 153.62	3 174.09	34.16	33.62	113.65	
	花果 Inflorescences and fruits	7 206.50	0.51	2.25	13.22	59 050.47	2 484.56	18.86	6.18	46.09	

续表 2

杂草* Weed	器官 Organ	元素含量 Contents of elements(mg kg ⁻¹)								
		Ca	Cd	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Pb	Zn
33.加拿大 一枝黄花 <i>Solidago canadensis</i>	根 Roots	3 353.25	1.73	2.78	7.68	18 851.56	382.81	12.70	13.95	38.13
	茎 Stems	3 843.75	1.58	0.45	10.33	45 640.63	670.31	13.90	13.48	34.06
	叶 Leaves	5 165.75	1.83	1.88	12.03	47 109.38	1 895.31	55.78	19.38	44.06
34.美洲商 陆 <i>Phytolacca americana</i>	根 Roots	4 725.00	1.80	0.65	9.63	78 984.38	2 720.31	54.85	16.68	47.19
	茎 Stems	2 852.50	1.63	0.83	10.28	96 640.63	1 492.19	47.38	15.98	37.19
	叶 Leaves	3 506.25	1.93	4.03	17.05	103 828.13	2 867.19	190.00	22.18	66.56
35.铜锤草 <i>Oxalis corymbosa</i>	鳞茎	3 237.50	1.50	0.45	22.28	20 601.56	1 142.19	19.25	15.38	57.50
	叶 Leaves	6 672.00	1.75	2.38	13.68	80 156.25	2 142.19	95.63	16.68	60.31
	花果 Inflorescences and fruits	6 550.00	1.85	3.30	17.65	72 031.25	2 146.88	45.23	15.98	59.69
36.直立婆 娑纳 <i>Veronica arvensis</i>	根 Roots	2 775.70	4.27	12.33	23.10	27 228.33	1 593.06	117.15	35.27	193.77
	茎 Stems	4 020.55	2.10	2.04	8.36	73 704.42	1 613.60	13.47	12.34	59.50
	叶 Leaves	17 355.25	2.84	1.31	22.54	74 417.33	3 726.87	48.92	17.39	112.79
	花果 Inflorescences and fruits	9 584.50	1.68	1.78	15.50	57 210.94	2 323.44	29.58	15.38	71.25
37.加拿大 一枝黄花 <i>Solidago canadensis</i>	根 Roots	4 293.75	1.65	0.88	8.73	28 687.50	509.38	15.83	17.65	58.44
	茎 Stems	3 659.50	1.43	0.08	12.93	61 250.00	759.38	20.13	15.48	44.38
	叶 Leaves	5 778.25	1.43	2.70	16.23	85 937.50	2 309.38	116.25	13.30	63.44
38.北美车 前 <i>Plantago virginica</i>	根 Roots	1 977.75	1.70	4.05	18.73	33 898.44	1 343.75	19.23	11.30	100.63
	叶 Leaves	6 234.50	1.75	2.23	21.58	77 187.50	1 093.75	24.93	11.18	80.00
	花果 Inflorescences and fruits	4 622.00	1.45	2.63	18.78	62 695.31	1 196.88	13.10	9.98	59.06
39.波斯婆 娑纳 <i>Veronica persica</i>	根 Roots	6 431.48	5.81	5.13	30.56	46 879.72	1 943.10	55.61	62.86	183.94
	茎 Stems	6 480.58	2.72	3.66	9.16	148 867.31	1 648.46	22.14	27.61	85.36
	叶 Leaves	15 989.58	3.23	1.61	12.80	91 065.60	2 436.82	76.29	14.01	123.79
	花果 Inflorescences and fruits	6 615.55	2.23	0.89	11.40	68 099.52	2 001.00	35.69	12.62	79.88
40.车前 <i>Plantago asiatica</i>	根 Roots	3 528.25	0.95	0.46	12.90	27 015.63	2 102.50	13.80	23.93	72.50
	茎 Stems	6 650.00	1.58	3.85	18.05	48 640.63	1 943.75	40.08	17.30	41.56
	花果 Inflorescences and fruits	8 042.25	1.53	3.93	24.73	35 210.94	587.50	20.03	11.20	62.50
41.龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	根 Roots	4 590.75	4.35	0.75	15.25	47 406.25	1 568.75	55.83	32.58	169.06
	茎 Stems	4 812.50	4.98	1.65	10.25	74 296.88	1 562.50	38.25	28.43	109.06
	叶 Leaves	14 715.75	7.40	3.30	27.23	73 031.25	2 257.81	112.33	30.20	152.50
42.波斯婆 娑纳 <i>Veronica persica</i>	根 Roots	9 648.54	2.64	2.22	12.77	42 084.29	2 144.29	22.59	37.32	156.69
	茎 Stems	10 517.25	1.30	2.80	6.48	59 046.88	1 351.56	9.45	19.43	20.94
	叶 Leaves	15 840.66	1.15	5.60	12.97	54 117.97	2 830.51	27.51	26.25	89.88
	花果 Inflorescences and fruits	7 025.00	1.00	3.60	8.65	50 414.06	1 768.75	17.68	24.85	40.94
43.芥菜 <i>Capsella bursa-pastoris</i>	根 Roots	9 929.01	9.68	20.78	17.42	44 325.96	572.73	40.91	68.92	206.51
	茎 Stems	9 798.50	4.03	2.38	9.70	51 273.44	556.25	33.30	15.65	265.00
	叶 Leaves	23 076.22	3.26	7.23	25.75	77 665.51	2 538.35	109.05	17.80	133.62
	花果 Inflorescences and fruits	12 224.36	2.08	1.33	16.42	47 095.95	1 706.76	40.01	12.30	91.58
44.蓖麻 <i>Ricinus communis</i>	茎 Stems	11 401.50	0.93	5.10	10.45	53 664.06	2 590.63	17.25	20.00	7.81
	叶 Leaves	10 404.75	0.70	5.30	7.23	41 304.69	2 862.50	30.00	24.35	46.88
	花果 Inflorescences and fruits	9 978.25	1.03	4.28	6.85	33 265.63	3 864.06	34.40	26.13	55.63

续表 2

杂草* Weed	器官 Organ	元素含量 Contents of elements(mg kg ⁻¹)								
		Ca	Cd	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Pb	Zn
45. 棒头草 <i>Polypogon fugax</i>	根 Roots	1 705.95	0.88	2.71	25.66	22 988.76	632.65	142.30	49.02	93.43
	茎 Stems	1 886.88	1.98	2.35	3.03	44 031.25	351.56	145.63	19.73	9.38
	叶 Leaves	5 481.25	1.65	4.50	8.15	52 656.25	981.25	86.88	19.73	27.50
46. 土荆芥 <i>Chenopodium ambrosioides</i>	根 Roots	14 623.44	1.78	3.80	14.23	47 828.13	5 671.88	25.85	20.58	73.75
	茎 Stems	5 175.00	1.88	3.63	7.33	57 718.75	979.69	13.63	21.45	38.13
	叶 Leaves	12 643.75	1.40	2.03	15.68	78 312.50	4 093.75	29.50	33.98	39.69
47. 万寿菊 <i>Tagetes erecta</i>	根 Roots	2 252.44	1.25	6.52	12.06	57 762.46	3 190.85	44.02	39.93	71.05
	茎 Stems	7 610.89	1.69	2.46	9.32	122 202.62	2 744.46	33.15	44.72	18.27
	叶 Leaves	23 859.38	2.48	4.80	14.35	88 046.88	6 343.75	69.85	26.78	66.56
48. 线叶金鸡菊 <i>Coreopsis lanceolata</i>	根 Roots	2 740.00	2.25	2.63	32.63	19 054.69	534.38	104.15	19.30	70.94
	茎 Stems	5 496.74	3.05	4.11	9.81	39 724.15	1 124.80	93.36	47.52	27.99
	叶 Leaves	14 735.94	2.43	1.00	8.88	35 937.50	3 476.56	236.88	27.60	153.75
49. 香茶菜 <i>Isodon amethystoides</i>	根 Roots	3 356.25	0.63	2.30	12.60	11 851.56	2 503.13	18.25	24.75	64.06
	茎 Stems	5 723.19	3.22	2.03	9.73	54 606.55	1 422.05	15.33	25.38	3.28
	叶 Leaves	13 314.78	2.47	6.89	10.60	48 846.89	3 133.01	70.28	34.88	70.47
50. 水苦苣 <i>Veronica undulata</i>	根 Roots	12 026.76	2.38	4.15	12.55	50 409.29	1 258.35	929.94	28.32	96.30
	茎 Stems	12 951.56	1.05	1.63	8.63	60 343.75	1 101.56	48.93	24.65	14.69
	叶 Leaves	14 940.63	1.03	11.95	9.20	38 921.88	2 681.25	264.06	43.70	70.31
	花果 Inflorescences and fruits	7 648.44	0.30	4.50	10.55	41 578.13	2 203.13	98.15	16.68	44.06
51. 羊蹄 <i>Rumex japonicus</i>	根 Roots	3 795.31	1.83	3.53	5.00	16 015.63	921.88	60.38	12.80	42.19
	茎 Stems	2 351.88	0.90	3.00	2.93	26 859.38	543.75	29.13	8.45	9.00
	叶 Leaves	5 800.00	1.55	3.18	7.00	81 109.38	2 096.88	194.06	21.60	44.69
花果 Inflorescences and fruits	7 926.56	0.40	1.73	6.00	37 421.88	1 610.94	121.25	29.25	32.81	
B 平均含量 Average content		7687.38	3.06	5.53	15.05	57816.58	2173.65	120.62	28.22	127.79
富集系数 Enrichment coefficients (B/A)		9.50	1.05	0.08	0.36	6.47	1.26	0.40	0.70	0.54

* 1~ 24, 41~ 43 杂草取自于金华某铅锌厂周缘地段, 其余取自于浙江师范大学校园、金华罗店、双龙。* The weeds of No. 1~ 24, 41~ 43 were sampled around a lead-zinc factory, and the others are from the campus of Zhejiang Normal University, Jinhualuo shop and Shuanlong.

3.1 土壤和植物体内元素含量特征

由表 1 表 2 可以发现, 9 种元素在土壤中的含量为 K > Mg > Ca > Mn > Zn > Cr > Cu > Pb > Cd; 在植物体内的含量为 K > Ca > Mg > Zn > Mn > Pb > Cu > Cr > Cd。9 种元素含量水平在不同的土壤样品中有较大的差异, Mn > Cd > Ca > Zn > Cr > Cu > Mg > pb > K; 就植物的平均富集作用而言, Ca > K > Mg > Cd > pb > Zn > Mn > Cu > Cr

表 3 表明, 不同元素在杂草的根、茎、叶和花果中的含量也不同, 其中 Ca K Mg 在叶、茎和花果中的含量高于地下部分, 这与 3 种元素是植物体的重要组成成分和它们在生命活动中的重要作用相关。3 种元素在叶的含量又高于花果, 茎中 K 的含量高于其它器官。这是 K 与碳水化合物、纤维素、木质素合成, 茎秆抗倒伏有关。孔令韶等^[2]报道, 内蒙古阿拉善地区

植物中, K Ca 在叶中的含量也高于花穗, 与本文的结论相同。

综合表 1 表 2 表 3 可以发现, 9 种元素在土壤和植物不同器官中的含量差异很大, 除 Zn Mn 外的其余 7 种元素均以根部元素含量在种间的变异最大, 而地上部分茎、叶和花果 3 种器官中, 不同种间的含量变异幅度比较接近, 这说明根部土壤元素的积累更容易受到环境中元素含量的影响。

3.2 土壤和植物体内元素含量的相关性分析

以 9 种元素为对象, 以它们在土壤样品中的含量为指标, 计算 9 种土壤元素间的相关系数, 结果见表 4。以 9 种元素为对象, 以它们在植物不同器官样品中的含量为指标, 计算 9 种元素间的相关系数, 将杂草根、茎、叶、花穗与果实中 Zn Ca 与其余 8 种土壤元素间的相关系数列为表 5。

表3 9种元素在植物不同器官中的平均含量

Table 3 Average contents of nine elements in different organs

器官 Organ		元素含量 Contents of elements(mg kg ⁻¹)								
		Ca	Cd	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Pb	Zn
根 Roots	平均含量 Average content	6703.29	5.10	9.20	20.87	48168.20	2117.89	125.68	41.76	183.01
	变异系数 Coefficient of variation(%)	81	92	143	68	113	84	191	91	161
茎 Stems	平均含量 Average content	6336.86	2.35	3.92	10.91	65304.44	1756.44	79.96	22.29	109.01
	变异系数 Coefficient of variation(%)	51	52	127	51	44	76	139	63	173
叶 Leaves	平均含量 Average content	10064.86	2.58	4.78	14.59	61453.09	2620.17	173.38	25.32	118.33
	变异系数 Coefficient of variation(%)	71	59	68	43	37	58	174	66	110
花果 Flowers and fruits	平均含量 Average content	7134.44	1.87	3.79	14.09	51903.05	2175.45	81.58	22.15	85.22
	变异系数 Coefficient of variation(%)	44	60	64	55	43	52	192	72	79

表4 9种土壤元素间的相关系数

Table 4 Correlation coefficients among nine elements in soil

元素 Element	Ca	Cd	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Pb
Cd	0.307							
Cr	0.707*	0.224						
Cu	0.509*	0.584*	0.581*					
K	-0.159	0.003	-0.157	-0.343				
Mg	0.119	0.030	0.220	0.090	0.370			
Mn	0.209	0.948*	0.257	0.496*	0.054	0.076		
Pb	0.346	0.733*	0.074	0.619*	-0.311	-0.045	0.622*	
Zn	0.481*	0.77*	0.386	0.715*	-0.014	-0.053	0.64*	0.552*

* : P < 0.05, ** : P < 0.001

表5 杂草根、茎、叶、花穗与果实中 Zn Ca与其余 8种土壤元素间的相关系数

Table 5 Correlation coefficients of Zn and Ca in the weed roots, stems, leaves, flowers and fruits to other eight elements

元素 Element	Ca	Cd	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Pb	Zn
根中 Zn Zn in the roots	0.136	0.645*	0.663*	0.267	0.792*	0.073	0.588*	0.075	-
茎中 Zn Zn in the stems	0.277	0.529*	0.750*	-0.004	0.260	-0.069	0.181	0.479*	-
叶中 Zn Zn in the leaves	-0.202	-0.017	0.635*	-0.089	-0.141	-0.346	-0.096	-0.119	-
花果中 Zn Zn in the flowers and fruits	-0.413	0.178	0.315	0.000	-0.219	-0.276	-0.017	-0.221	-
根中 Ca Ca in the roots	-	0.395*	0.210	0.326	0.121	0.546*	0.097	0.516*	0.136
茎中 Ca Ca in the stems	-	0.14	0.274	0.159	0.373*	0.178	-0.015	0.357*	0.277
叶中 Ca Ca in the leaves	-	0.175	-0.08	0.225	0.017	0.430*	0.300	0.164	-0.202
花果中 Ca Ca in the flowers and fruits	-	0.072	-0.123	0.347	0.531*	0.603*	0.269	0.548*	-0.413

* : P < 0.05, ** : P < 0.01

表 4 结果表明,土壤的 6 种元素中, Mn 与 Cd Cu Pb Zn 之间、Pb 与 Cd Cu Mn Zn 之间、Zn 与其它 5 种重金属之间、以及 Cu 与其它 5 种重金属元素之间、Cr 与 Cu Zn 之间均存在显著的正相关 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$), 这说明本地区存在着重金属的复合污染现象。郑新生^[3]应用系统聚类方法,对北京地区的不同土壤元素进行分析发现,存在 3 种土壤地球化学类型, Pb Zn Cd 属于亲 Cu 元素。

土壤中 6 种重金属元素间相关性较大,呈显著或极显著的正相关(表 4),但在植物中,这种相关性变弱(表 5),例如,土壤中, Zn 与其它 5 种重金属元素均存在正相关性,在根中, Zn 与 Cd Cr Mn 3 种重金属元素呈正相关,在茎中,该元素与 Cd Cr Pb 呈正相关,在叶中, Zn 仅与 Cr 呈正相关,到了花穗和果实, Zn 与其它 5 种重金属元素没有一种出现正相关,而且与 Mn pb 出现负相关。又例如, Ca 与 Cr 间的关系,土壤中呈极显著正相关,而在根和茎中,为正相关,但没有达到统计上的显著程度,在叶和花果中却为负相关。从土壤 → 根 → 茎 → 叶 → 花果, Cr 和 Ca 元素之间的相关性发生变化,是由于 Cr 是有害元素,它们在植物体内的迁移率低,由根向地上部分,它们的含量减少,而 Ca 为植物地上部分所必须,由根向地上部分, Ca 的含量是上升的。相反,土壤中, Ca 与 K Mg 间并不存在相关性,甚至是负相关的,但由于三者均在生命活动起重要的作用,它们在根、茎、叶和花果中,表现出正相关或极显著的正相关。这些说明,被吸收的土壤元素在植物体内进行了重新分配。

3.3 植物体内重金属元素含量特征和受土壤环境影响的分析

重金属元素在杂草的根、茎、叶和花果中的含量各不相同。由表 3 可见,6 种重金属元素中,仅 Mn 在叶中的含量远高于根部, Cd Cr Cu Zn 和 Pb 均以根中最高,其次为叶,再次为茎,花果中的含量最低(除 Cu 外)。元素的这种分布特点,说明这 5 种重金属元素在植物体内的迁移速度远低于 Ca K Mg Mn 在光合作用中的希尔反应中具有重要的作用,同时也参与叶绿素合成,因此,叶片中 Mn 的含量远高于其它器官。

在根中,同一种重金属在不同杂草中的含量、同一种杂草的不同重金属含量不同。由表 2 可以得知,空心莲子草、卷耳中的根部含有相对较高的 Cd 元素,含量 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 分别达到 25.00 和 17.25; 空心莲子草、臭芥、钻形紫菀含 Cr 元素较高,含量 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

分别为 70.29 45.12 31.44; 含 Cu 较高的杂草有光风轮、水蓼和空心莲子草,它们根中含量 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 分别为 69.55 49.56 56.38; 含 Mn 较高的杂草有空心莲子草、光风轮、水苦荬,根中含量 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 分别达 1268.48 (和 371) 543.23 929.94; 含 Pb 较高的杂草有光风轮、三白草、空心莲子草、鹅观草和波斯婆婆纳,含量 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 分别为 104.22 84.72 75.53 82.94 71.54, 含 Zn 较高的杂草有空心莲子草、石龙芮等,含量 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 高达 1699.28 (714.89) 和 1009.07

在茎中,菰的 Cd Pb 含量 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 较高,达 6.78 和 68.99, 石龙芮、水芹、水蓼、龙葵、光风轮含 Mn 较高,含量 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 分别达到 208.77 209.81 423.95 578.62 261.99

在叶中, Cr 含量较高,达到 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上的杂草有水芹、水苦荬; Cu 含量超过 $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的杂草有水苦荬、空心莲子草、水芹、龙葵、光风轮、钻形紫菀、一年蓬、北美车前、直立婆婆纳; Pb 含量较高的有水苦荬 ($115.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $43.70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 水芹 ($54.67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 和光风轮 ($60.00 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$); Zn 含量较高的有石龙芮 ($438.78 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 空心莲子草 ($753.08 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 等。说明空心莲子草、水芹、水苦荬、光风轮、直立婆婆纳、龙葵、一年蓬、北美车前、臭芥、芥等杂草体内 Pb Cu Zn Cr Cd Mn 含量相对较高,特别是空心莲子草,该种植物根部 Mn 的含量可高达 $1268.48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 锌达到 $1669 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 但该种植物并没有出现受害症状,说明空心莲子草对 Mn 和 Zn 的污染具有较高的忍耐力。空心莲子草可以用于 Zn 和 Mn 污染环境的修复。

水苦荬被报道^[4]具有较高的营养价值,其嫩苗可以作为蔬菜食用,但以上数据表明,水苦荬叶片中 Pb 的含量可高达 $115 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 根中 Mn 含量高达 $929.94 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 其叶片中 Cr Cu 含量也较高,因此,在利用该种植物时,应该注意其对重金属的吸收特点。

表 6 为污染区(某蓄电池厂周缘)与非污染区(浙江师范大学校园等)土壤和植物 6 种元素平均含量比较,从表 6 可见,6 种重金属元素在受污染区杂草样品和土壤样品中的含量明显高于非污染区的样品中的含量,说明杂草体内重金属元素含量明显受到环境中的重金属元素的影响。

表 6 污染区与非污染区土壤和植物 9 种元素平均含量

Table 6 Average contents of nine elements in the contaminated and uncontaminated areas

	样品 Sample	平均含量 Average content (mg kg ⁻¹)								
		Ca	Cd	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Pb	Zn
A 污染区 Contaminated area	土壤 Soil	1356.08	4.93	99.64	69.52	4724.90	1583.58	561.58	54.13	330.21
	植物 Plants	7597.38	3.99	7.51	17.54	58237.35	2395.44	182.60	33.99	189.04
	富集系数 Enrichment coefficients	5.60	0.81	0.08	0.25	12.33	1.51	0.33	0.63	0.57
B 非污染区 Uncontaminated areas	土壤 Soil	454.25	1.61	48.17	22.97	11680.09	1818.53	129.34	30.97	172.55
	植物 Plants	7770.64	2.19	3.67	12.81	57159.62	1939.16	63.55	22.79	73.92
	富集系数 Enrichment coefficients	17.11	1.36	0.08	0.56	4.89	1.07	0.49	0.74	0.43
A/B	土壤 Soil	2.99	3.06	2.07	3.03	0.40	0.87	4.34	1.75	1.91
	植物 Plants	0.98	1.82	2.04	1.37	1.02	1.24	2.87	1.49	2.56

4 结论

综上所述初步得到以下结论:

(1) 9 种元素在金华市郊土壤中的含量为 K> Mg> Ca> Mn> Zn> Cr> Cu> Pb> Cd; 在土壤样品中的变异依次为 Mn> Cd> Ca> Zn> Cr> Cu> Mg> Pb> K 在植物体内, 9 种元素含量依次为 K> Ca> Mg> Zn> Mn> Pb> Cu> Cr> Cd, 而就植物的平均富集作用而言, Ca> K> Mg> Cd> Pb> Zn> Mn> Cu> Cr

(2) 不同元素在杂草的根、茎、叶和花果中的含量也不同, 其中 Ca K Mg 这 3 种元素在叶、茎和花果中的含量高于地下部分; 6 种重金属元素中, 仅 Mn 在叶中的含量远高于根部, Cd Cr Cu Zn 和 Pb 均以根中含量最高, 其次为叶, 再次为茎, 花果中的含量最低 (除 Cu 外)。

(3) 空心莲子草、水芹、水苦苣、光风轮、直立婆婆

纳、龙葵、一年蓬、北美车前、臭芥、芥等杂草体内 Pb、Cu、Zn、Cr、Cd、Mn 含量相对较高。

(4) 土壤的 9 种元素中, 重金属元素间存在较明显的相关性 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$), 这暗示本地区存在着重金属的复合污染现象。但在植物体内, 重金属元素间的相关性并不如土壤中的明显。

参考文献

- 奚旦立. 环境监测, 北京: 高等教育出版社, 1997.
- 孔令韶, 王其兵, 郭柯. 内蒙古阿拉善地区植物元素含量特征及数量分析. 植物学报, 2001, 43(5): 534-540.
- 夏增禄, 李森照, 李廷芳等. 土壤元素背景值及其研究方法. 北京: 气象出版社, 1987. 1-338.
- 陈正法, 梁称福. 湖北四湖地区的野菜资源及其开发利用. 农业现代化研究, 2001, 22(5): 293-296.

(责任编辑: 邓大玉)

检测尿中核苷也可诊断癌症

据科学时报报道, 由中科院大连化物所承担, 德国 Tuebingen 大学, 大连医科大学附属第一、二医院, 大连儿童医院参与的“基于尿中核苷对恶性肿瘤诊断及随访的方法研究”成果, 最近通过了由中科院组织的专家鉴定。

大连化物所在国家自然科学基金、中科院院长特别基金等资助下, 开展了基于尿中核苷的肿瘤检测方法和计算机软件系统的研究。经过 6 年的时间, 首次建立了稳定的毛细管电泳 (CE) 检出尿液中修饰核苷的方法, 并首次将主要成分分析 (PCA) 或人工神经网络 (ANN) 技术与毛细管电泳或高效液相色谱相结合, 建立了尿修饰核苷多变量检出分析系统。

据项目负责人许国旺研究员介绍, 应用这一新方法将体液中核苷作为潜在肿瘤标记物, 当人体的某一部位发生癌变时, 尿中核苷含量比正常人明显增高。基于这一机理, 通过尿液中修饰核苷含量的高低加上模式识别技术来判断是否患恶性肿瘤。采用该方法对 700 多例病人与 300 多例正常人的检测结果表明, 对恶性肿瘤检测的阳性符合率为 70% 以上, 敏感性高于现有肿瘤标记物。专家们认为, 该方法的建立使尿修饰核苷作为肿瘤标记物用于区分良、恶性肿瘤, 评价手术效果及预后评估成为可能。