DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2008.01.001

第 17 卷第 1 期 地 质 与 资 源 Vol. 17 No. 1
2008 年 3 月 GEOLOGY AND RESOURCES Mar. 2008

文章编号:1671-1947(2008)01-0053-08 中图分类号:P593 文献标识码:A

辽宁省宽甸县人参的生态地球化学

李东风[1],张广宇[2],康 庄[2]
(1.辽宁省矿产勘查院,辽宁 沈阳 110032;2.沈阳地质矿产研究所,辽宁 沈阳 110033)

摘 要:文中讨论了辽宁省宽甸县二长花岗岩区的马牙参与石柱子花岗闪长岩区柱参与马牙参的生态地质背景以及人参-立地土壤-母岩生态系统的生态地球化学特征,对比了同地异品种及异地异品种人参的宏量元素、微量元素和稀土元素的异同点,并计算了人参的生物吸收系数,提出人参的生态地球化学不完全迁移链模型.

关键词:石柱子;人参;生态地球化学;宽甸;辽宁省

辽宁省宽甸县属丹东市所辖. 作者对宽甸县附近的马牙参和镇江镇石柱子地区的柱参和马牙参 3 个品种的人参、立地土壤和岩石(母岩)进行了取样和测试分析,从而对工作区内人参的生态地球化学特征进行研究.

1 人参产地的生态地质背景

宽甸县处于辽东山地丘陵地区的东南部,鸭绿江西岸(石柱子在江边附近). 地势自西北向东南倾斜,属暖温带与中温带过渡地区. 年平均气温 6.5℃. 1 月份均温-12.8℃,最低气温-28.3℃;7 月份均温 22.40℃,最高气温 34.7℃. 年均降水量 1136.8 mm,多集中在 7~8 月份,且多暴雨,是辽宁省降水量最多的县份,无霜期 140 天.

宽甸县林业资源丰富,林中特产人参(柱参)和马牙参. 石柱子地区为乔、灌、草发育的针阔混交林的森林生态系统. 柱参主要为人工栽培在阔叶林下土中,而针叶黑松林下土不适合种参 (参农介绍). 宽甸县城郊附近产有马牙参,生态环境不如石柱子地区密,离鸭绿江较远.

石柱子地区分布有燕山晚期的花岗闪长岩及二长花岗岩. 主要矿物成分为斜长石、更长石、石英、黑云母、普通角闪石. 副矿物有磁铁矿、榍石、锐钛矿、褐帘石、黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、锆石、磷灰石等. 地质勘查确定该岩体含 Cu、Mo. 岩体上覆土壤为棕壤.

大黑山-宽甸岩体为燕山晚期二长花岗岩和斑状钾长花岗岩. 主要矿物成分为斜长石、钾长石、石英、黑云母、普通角闪石等. 副矿物为磷灰石、锆石、磁铁矿、榍石、黄铁矿、锐钛矿、钛铁矿、独居石、褐帘石、金红石等. 岩体上覆土壤为棕壤.

2 人参的生态地球化学

2.1 立地土壤和岩石地球化学

2.1.1 宏量元素

(1) 石柱子地区人参立地岩石与上覆棕壤中宏量元素含量对比(数据见表 1)

岩体中含量大于上覆土壤含量的宏量元素有 Si、Ca、Na、K、Mg、P;而土壤中含量大于岩石中的元素有 Fe、Al、Ti.

(2) 宽甸县人参立地岩石(母岩)与其上覆土壤宏量元素含量对比

岩石中含量大于其上覆土壤的宏量元素有 Si、Al、Na、K;而岩石中含量低于土壤的元素有 Fe、Ca、Mg、Ti、P 等. 根据石柱子土壤中比宽甸土壤富含 Al 元素,可推测石柱子地区生态环境属酸性. 而宽甸县城附近土壤中富含 Ca、Mg,表明该区属偏碱性生态环境.

(3) 石柱子岩体与宽甸岩体宏量元素含量对比

石柱子岩体中含量大于宽甸岩体的宏量元素有 Fe、Ca、Ti、P;宽甸岩体中含量大于石柱子岩体的宏量元素有 Si、Al、Na、K、Mg.

(4) 石柱子土壤与宽甸土壤宏量元素含量对比

石柱子土壤中含量大于宽甸土壤中的宏量元素有 Fe、Al、Ca、Na、Mg、Ti;宽甸土壤中含量大于石柱子土壤中的宏量元素有 Si、K、P.

收稿日期:2007-09-16;修回日期:2007-11-05. 李兰英编辑.

表 1 石柱子地区人参、立地土壤和立地岩石化学元素分析结果

Table 1 Element contents of ginseng, soil and rock in Shizhuzi area

元素	Si	Fe	Al	Ca	Na	K	Mg	Ti	P	Sb	Li	Rb	Be	Sr	Ba
石柱子人参	8800	1750	1590	8800	226	14200	2400	180	2250	0.08	0.68	15	0.033	76	43
石柱子马牙参	300	430	120	1500	36	11000	1100	36	950	0.08	0.65	17	0.006	6.3	8.4
立地土壤	340191	33250	56445	5325	12210	21165	8442	4504	464	0.72	25.1	126.45		295.55	120.35
立地岩石	253743	25900	46640	17750	22940	29050	10251	3394	738	2.8	29.1	118.7		515.4	129.9
宽甸县马牙参	14000	2970	2400	7800	107	17900	2400	180	3150	0.1	2.1	12	0.041	16	38
立地土壤	253089	25340	47064	4331	6808	31706	4100	2794	598	0.57	13.4	172.1		108.1	119.5
立地岩石	275146	18410	65455	3124	27306	33200	3773	2468	417	0.41	10.3	147.0		174.1	130.2

元素	Zr	V	Nb	Cr	Mo	W	Co	Ni	Cu	Ag	Zn	Cd	Hg	B	Sn
石柱子人参	0.23	2	0.049	7.1	4.2	12.1	0.59	3.4	24	0.14	100	0.66	0.02	6.6	0.91
石柱子马牙参	0.037	0.29	0.001	0.74	0.15	0.10	0.079	0.67	4.9	0.037	14	0.062	0.005	5.6	0.91
立地土壤	208.55	86.45	21.85	51.3	0.5	0.82	11.85	24.6	14.25	0.053	94.7	0.093	0.035	11	2.3
立地岩石	193.2	65.7	16.6	37.4	0.8	1.8	10.5	20.9	80.5	0.82	70.7	0.097	0.03	8	1
宽甸县马牙参	0.23	1.7	0.03	7.1	12.8	24.4	0.38	4.6	14	0.12	24	0.27	0.01	6.6	0.77
立地土壤	257.0	58.2	17.9	30.9	0.2	0.2	7.6	18.2	10.5	0.052	79.2	0.079	0.03	9.0	2.10
立地岩石	193.3	37.9	20.9	13.7	0.4	0.4	7.2	9.1	10.0	0.22	146.2	0.214	0.01	8.2	2.7

元素	Pb	As	Bi	Ge	Se	F	I	U	Th	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
石柱子人参	3.5	0.16	0.23	0.044	0.1	9.5	0.2	0.049	0.38	1.5	2.1	0.19	0.45	0.066	0.038
石柱子马牙参	2.9	0.16	0.029	0.016	0.05	9.02	7.0	0.007	0.025	0.10	0.19	0.014	0.061	0.001	0.001
立地土壤	39.3	6.11	0.20		0.295	545.5	4.98	2.34	17.3	25.03	47.1	4.135	24.115	5.58	1.17
立地岩石	61.9	81.8	0.62		0.21	498	1.1	2.68	15.3	26.88	44.27	4.17	20.29	5.93	1.26
宽甸县马牙参	3.3	0.46	0.57	0.008	0.1	13.5	5.9	0.10	0.89	2.5	2.6	0.31	0.86	0.11	0.04
立地土壤	31.8	5.03	0.22		0.38	232	5.24	3.32	19.2	25.83	53.08	5.53	22.95	4.91	1.14
立地岩石	28.9	5.03	0.05		0.28	175	0.82	2.35	19.3	44.34	57.22	5.92	28.30	6.04	1.43

元素	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	LREE	HREE	REE	La_N	Ce_N	Pr_N
石柱子人参	0.055	0.011	0.047	0.006	0.014	0.001	0.015	0.001	0.15	4.344	0.306	4.65	4.69	2.23	1.58
石柱子马牙参	0.008	0.001	0.006	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.023	0.367	0.043	0.414	0.313	0.202	0.12
立地土壤	5.01	0.838	3.245	0.78	0.78	0.298	2.67	0.288	19.53	107.13	34.854	141.98	78.219	50.11	34.46
立地岩石	4.5	0.82	3.05	0.78	0.78	0.304	2.50	0.296	18.94	102.8	33.31	136.11	84	47.1	34.75
宽甸县马牙参	0.10	0.013	0.051	0.017	0.017	0.006	0.028	0.001	0.16	29.82	0.401	30.22	7.813	2.77	2.58
立地土壤	4.33	0.907	2.79	1.038	1.038	0.279	2.36	0.313	20.12	113.44	34.417	147.86	80.719	56.47	46.08
立地岩石	6.70	1.198	3.72	1.053	1.053	0.350	2.35	0.34	27.30	143.25	45.371	188.621	138.56	60.87	49.33

元素	Nd_N	Sm_N	Eu_N	Gd_N	Tb_N	Dy_N	Ho_N	Er_N	Tm_N	Yb_N	Lu_N	Y_N	δEu	δCe	$\Sigma Ce/\Sigma Y$	$(La/Lu)_N$
石柱子人参	0.75	0.33	0.52	0.18	0.22	0.15	0.082	0.07	0.03	0.08	0.03	0.08	2.04	0.71	14.48	12
石柱子马牙参	0.10	0.005	0.013	0.026	0.02	0.019	0.013	0.005	0.005	0.005	0.03	0.012	0.84	0.93	8.535	5.09
立地土壤	40.19	27.9	16.03	16.16	16.76	10.47	10.68	10.45	14.05	14.05	9.29	9.96	0.73	0.89	3.704	2.548
立地岩石	33.82	29.65	17.26	14.52	16.4	9.84	10.68	10.1	13.16	13.16	9.55	9.66	0.78	0.79	3.086	2.638
宽甸县马牙参	1.43	0.55	0.55	0.323	0.26	0.165	0.23	0.10	0.15	0.15	0.03	0.082	1.25	0.53	16.131	10.913
立地土壤	38.25	24.55	15.62	13.97	18.14	9.58	14.22	10	12.42	12.42	10.1	10.27	0.81	0.89	3.296	2.701
立地岩石	47.17	30.2	19.59	21.61	23.96	12	14.42	14.42	13.37	12.37	10.97	13.93	0.76	0.65	3.157	2.95

测试单位:辽宁省地质实验测试中心. Mn 元素因实验室遗漏未测数据.含量单位:10^{-6}.

2.1.2　微量元素

(1) 石柱子岩体与上覆土壤中微量元素含量对比

岩体中含量大于上覆土壤的微量元素有 Li、Sr、Ba、Mo、W、Cu、Ag、Cd、Pb、As、Bi、U;而岩体中含量大于土壤的微量元素有 Rb、Zr、V、Nb、Cr、Co、Ni、Zn、Hg、B、Sn、Se、F、I、Th.

(2) 宽甸岩体及其上覆土壤中微量元素含量对比

岩体中含量大于上覆土壤的微量元素有 Sr、Ba、Nb、Mo、W、Ag、Zn、Cd、Sn、Th;上覆土壤中含量大于岩体的微量元素有 Sb、Li、Rb、Zr、V、Cr、Co、Ni、Cu、Ag、Hg、B、Pb、Bi、Se、F、I、U.

(3) 石柱子岩体与宽甸岩体微量元素含量对比

石柱子岩体中含量大于宽甸岩体的微量元素有 Sb、Li、Sr、V、Nb、Cr、Mo、W、Co、Ni、Cu、Ag、Hg、Pb、As、Bi、F、I、U;宽甸岩体中含量大于石柱子岩体中的微量元素有 Rb、Ba、Zr、Zn、Cd、B、Sn、Se、Th.

(4) 石柱子土壤中与宽甸土壤之间微量元素含量对比

石柱子土壤中含量大于宽甸土壤中的微量元素有 Sb、Li、Sr、Ba、V、Nb、Cr、Mo、Ni、Cu、Ag、Zn、Cd、B、Sn、Pb、As、F、Th;宽甸土壤中含量大于石柱子土壤的微量元素有 Rb、Zr、W、Co、Hg、Bi、Se、I、U.

上述岩、土体中微量元素组合和含量对比表明,母岩所含元素组合及含量控制并影响上覆土壤的元素组合和含量. 但由于元素本身的原子结构和表生带生态环境差异的影响,不一定完全服从继承母岩的元素组合和含量的一般规律,元素的迁移富集是内因与外因多种因素综合作用的结果.

2.1.3　稀土元素

(1) 石柱子岩体与其上覆土壤中稀土元素含量对比

石柱子岩体稀土元素含量大于上覆土壤中含量的稀土元素有 La、Pr、Sm、Eu、Tm、Lu;上覆土壤中稀土元素含量大于岩体的稀土元素有 Ce、Nd、Gd、Tb、Dy、Er、Yb、Y、LREE、HREE;岩体与土壤含量相同的元素有 Ho.

(2) 宽甸岩体与上覆土壤稀土元素含量对比

宽甸岩体稀土元素含量大于上覆土壤的稀土元素有 La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Lu、Y、LREE、HREE;上覆土壤稀土元素含量大于下伏岩体的稀土元素有 Yb.

(3) 石柱子岩体与宽甸岩体稀土元素含量对比

石柱子岩体稀土元素含量大于宽甸岩体含量的稀土元素有 Yb;宽甸岩体稀土元素含量大于石柱子岩体含量的稀土元素有 La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Lu、Y、LREE、HREE.

(4) 石柱子土壤与宽甸土壤稀土元素含量对比

石柱子土壤稀土元素含量大于宽甸土壤含量的稀土元素有 Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Dy、Er、Tm、Yb、LREE、HREE;宽甸土壤稀土元素含量大于石柱子土壤含量的稀土元素有 La、Ce、Tb、Ho、Lu、Y.

从两地立地土壤和岩石稀土元素的科里尔图解(图 1、2)可见,两地母岩体曲线均右倾,宽甸岩体与土壤曲线均大于石柱子岩体和土壤,均为轻稀土元素富集,Eu 与 Ce 均为负异常. 石柱子岩体 δEu 为 0.78,δCe 为 0.79;上覆土壤 δEu 为 0.73,δCe 为 0.89. 而宽甸岩体 δEu 0.78,δCe 0.65;上覆土壤 δEu 0.81, δCe 0.89. 两地岩、土的 δEu 与 δCe 均小于 1. 但是石柱子岩体和上覆土壤异常较小.

ΣCe/ΣY 比值:石柱子岩体为 3.086,上覆土壤为 3.074;宽甸岩体为 3.157,上覆土壤为 3.296. $(La/Lu)_N$ 比值:石柱子岩体为 2.638,上覆土壤为 2.548;宽甸岩体为 2.95,上覆土壤为 2.701.可见宽甸岩体和上覆土壤比石柱子岩体与上覆土壤稀土分馏程度强.

从科里尔图解上可见,石柱子岩体与其上覆土壤的迁移分异程度比宽甸岩体与其上覆土壤的迁移分异程度强,即岩、土曲线分离大.

从稀土元素总量 ΣREE 上看,石柱子岩体 ΣREE 为 136.11×10^{-6},其上覆土壤为 141.984×10^{-6};宽甸岩体为 188.621×10^{-6}, 其上覆土壤为 147.857×10^{-6}. 两者比较可知,宽甸岩体及上覆土壤稀土元素总量均高于石柱子岩体及上覆土壤. 从宽甸岩体与上覆土壤稀土元素总量对比可知,在风化成土过程中,由于森林生态系统环境的综合影响,使岩体、上覆土壤相对富集(残留)稀土元素. 而石柱子岩体与其上覆土壤对比表明风化成土过程中部分岩体中的稀土元素流失掉了,同样是其所处生态环境综合因素影响的结果.

2.2　人参地球化学特征

2.2.1　宏量元素

工作中作者采集同地异品种的柱参与马牙参(均生长在石柱子花岗闪长岩地区)和异地同品种马牙参(石柱子地区和宽甸县城附近二长花岗岩两地的马牙参)进行对比研究.

(1) 同地异品种对比

石柱子柱参中含量大于石柱子马牙参的宏量元素

有 Si、Fe、Al、Ca、Na、K、Mg、Ti、P，即宏量元素含量柱参高于马牙参.

(2) 异地同品种对比

宽甸马牙参中含量大于石柱子马牙参的宏量元素有 S、Fe、Al、K、Mg、Ti、P、Ca、Na.

(3) 异地异品种对比

①石柱子柱参含量大于宽甸马牙参的宏量元素有 Ca、Na.

②宽甸马牙参含量大于石柱子柱参的宏量元素有 Si、Fe、Al、K、P.

③石柱子柱参含量等于宽甸马牙参的宏量元素有 Mg、Ti.

2.2.2 微量元素

(1) 同地异品种对比

①石柱子柱参含量大于马牙参的微量元素有 Li、Be、Sr、Ba、Zr、V、Nb、Mo、W、Co、Ni、Cu、Ag、Zn、Cd、Hg、B、Pb、Bi、Ge、Se、F、U、Th.

②石柱子马牙参含量大于柱参的微量元素有 Rb、Cr、I.

③石柱子柱参含量等于马牙参的微量元素有 Sb、Sn、As.

(2) 异地同品种对比

①石柱子马牙参含量大于宽甸马牙参的微量元素有 Rb、Cr、Sn、Ge、I.

②宽甸马牙参含量大于石柱子马牙参的微量元素有 Sb、Li、Be、Sr、Ba、Zn、V、Nb、Mo、W、Co、Ni、Cu、Ag、Zn、Cd、Hg、B、Pb、As、Bi、Se、F、U、Th.

(3) 异地异品种对比

①石柱子柱参含量大于宽甸马牙参的微量元素有 Rb、Sr、Ba、V、Nb、Co、Cu、Ag、Zn、Cd、Hg、B、Sn、Pb、Ge.

②宽甸马牙参含量大于石柱子柱参的微量元素有 Sb、Li、Be、Mo、W、Ni、As、Bi、F、I、U、Th.

③宽甸马牙参含量等于石柱子柱参含量的微量元素有 Zr、Cr、Se.

上述对比可见，同地异品种人参中，石柱子柱参所含微量元素组合及含量高于马牙参；异地同品种人参中宽甸马牙参所含微量元素组合及含量高于石柱子马牙参；异地异品种人参中石柱子柱参所含微量元素组合与含量高于宽甸马牙参.

上述异地同品种或异品种及同地异品种人参间所含元素组合及含量的差异除受控于立地岩石(母岩)和立地土壤(母质)固有微量元素组合和含量外，同时还受控于表生带生态环境条件.

2.2.3 稀土元素

(1) 同地异品种对比

①石柱子柱参稀土元素含量大于马牙参的稀土元素有 La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Yb、Y、LREE、HREE(见图 1).

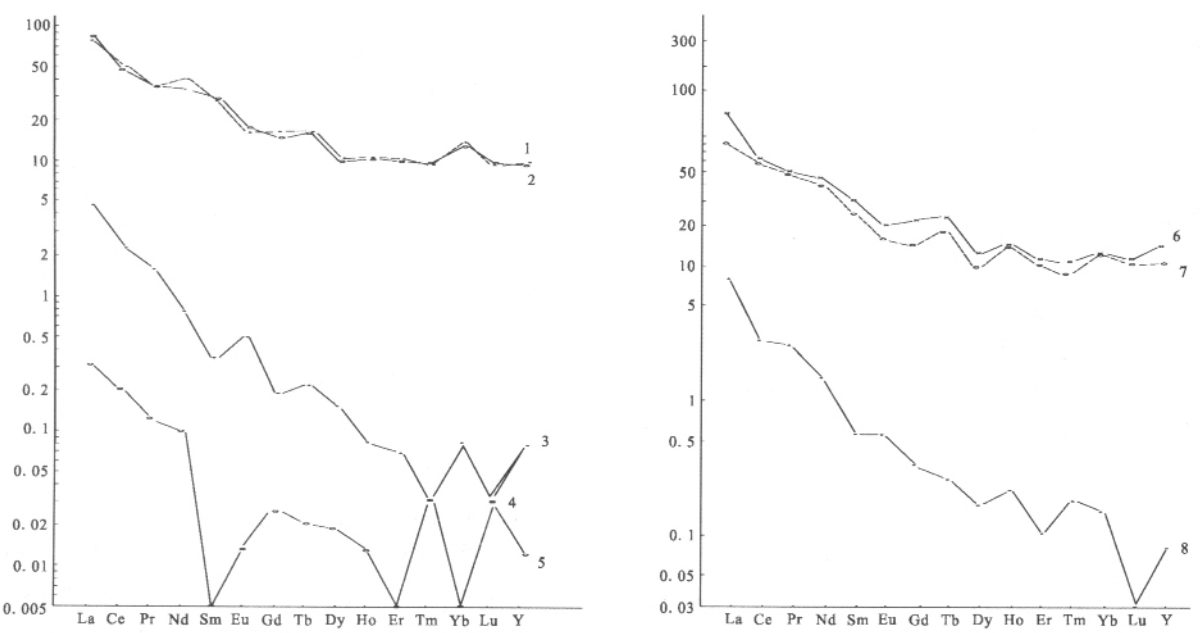

图 1 科里尔图解

Fig. 1 Coryell Diagram

1—立地土壤(host soil)；2—立地岩石(花岗岩)(host rock, granite)；3—石柱子参(ginseng in Shizhuzi)；4—宽甸县马牙参(*Maya* ginseng in Kuandian)；5—石柱子马牙参(*Maya* ginseng in Shizhuzi)；6—立地岩石(花岗岩)(host rock, granite)；7—宽甸县马牙参(*Maya* ginseng in Kuandian)；8—立地土壤(host soil)

②石柱子柱参稀土元素含量等于马牙参稀土元素含量的元素有 Tm、Lu.

(2) 异地同品种对比

①宽甸马牙参稀土元素含量大于石柱子马牙参的稀土元素有 La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Y、LREE、HREE.

②宽甸马牙参稀土元素含量等于石柱子马牙参的稀土元素有 Lu.

(3) 异地异品种对比

①石柱子柱参稀土元素含量大于宽甸马牙参的稀土元素有 Sm

②宽甸马牙参稀土元素含量大于柱参的稀土元素有 La、Ce、Pr、Nd、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Y、LREE、HREE.

③宽甸马牙参稀土元素含量等于石柱子柱参的稀土元素有 Lu.

2.3　人参的生态地球化学不完全迁移链模型

2.3.1　人参的生物吸收系数

利用 Kovalevsky 公式[1]：$BAC=C_p/C_s$ 分别计算了 3 种人参 (干重) 及其组合对立地土壤和立地岩石的生物吸收系数 (表 2).

从表中可见大多数元素的人参吸收系数在 0.01 和 0.1 数量级内，少数在 1 和 0.001 数量级内，仅个别元素在强吸收的 10 和 100 数量级内或弱吸收的 0.0001 和 0.00001 数量级内.

人参根 (主根+须根) 选择吸收和富集 Mo、W、Bi 元素. 3 种人参对立地土壤中元素的吸收系数在 1 数量级以上强吸收的元素有 Ca、P、Cu、Ag、Cd、Bi、Mo、W 元素.

2.3.2　人参的生态地球化学不完全迁移链模型

岩石 (母岩) 经历风化成土作用过程后，其中所含化学元素便分别以不同形式和速度向其他自然体迁移、转化、分散和富集. 由于笔者只采集了人参根 (主根+须根) 而未采集茎、叶、果，因此不能进行元素生态地球化学循环模型的研究，故只能探讨元素生态地球化学不完全迁移链模型. 在表生带岩石 - 土壤 - 立地人参生态系统中，宏量元素、微量元素和稀土元素发生的不完全迁移链模型如图 2、3 所示. 总结各种元素在

表 2　人参的生物吸收系数分级表

Table 2　Biological absorption coefficient grading of ginseng

数量级	0.00001	0.0001	0.001	0.01	0.1	1	10	100
柱参 / 立地土壤		LREE	Nb、HREE	Si、Fe、Al、Na、Ti、Li、V、Co、Pb、As、F、I、U、Th、ΣREE	K、Mg、Sb、Rb、Sr、Ba、Cr、Ni、Hg、B、Sn、Se	P、Zr、Mo、Cu、Ag、Zn、Cd、Bi、Ca	W	
石柱子马牙参 / 立地土壤	Nb		Si、Al、Na、Ti、Zr、V、Co、U、Th、LREE、HREE、ΣREE	Fe、Li、Sr、Ba、Cr、Ni、Pb、As、F	Ca、K、Mg、Sb、Rb、Mo、W、Cu、Ag、Zn、Cd、Hg、B、Sn、Bi、Se	P、I		
宽甸县马牙参 / 立地土壤		Zr	Nb	Si、Al、Na、Ti、Rb、V、Co、As、F、U、Th、HREE	Fe、K、Mg、Sb、Li、Sr、Ba、Cr、Ni、Zn、Hg、B、Sn、Pb、Se、LREE、HREE	Ca、P、Cu、Ag、Cd、Bi、I	Mo	W
柱参 / 立地岩石			Zr、Nb、As、HREE	Si、Fe、Al、Na、Ti、Sb、Li、V、Co、Pb、F、I、U、Th、LREE、ΣREE	Ca、K、Mg、Rb、Sr、Ba、Cr、Ni、Cu、Ag、Hg、B、Sn、Bi、Se	P、Mo、W、Zn、Cd		
石柱子马牙参 / 立地岩石	Nb	Zr	Si、Al、V、Co、As、U、Th、LREE	Fe、Ca、Na、Ti、Sb、Li、Sr、Ba、Cr、W、Ni、Cu、Ag、Pb、Bi、F、ΣREE	K、Mg、Rb、Mo、Zn、Cd、Hg、B、Sn、Se、HREE	P、I		
宽甸县马牙参 / 立地岩石			Na、Zr、Nb、HREE	Si、Al、Ti、Rb、Sr、V、Co、As、F、U、Th	Fe、K、Mg、Sb、Li、Ba、Cr、Ni、Ag、Zn、B、Sn、Pb、Se、LREE、ΣREE	Ca、P、Cu、Cd、Hg、I	Mo、W、Bi	
人参 3 个均值 / 立地土壤			Nb	Si、Fe、Al、Na、Ti、Li、V、Co、Pb、As、F、U、Th、LREE、HREE	K、Mg、Sb、Rb、Sr、Ba、Zr、Cr、Ni、Sb、Hg、B、Sn、Se、I、ΣREE	Ca、P、Cu、Ag、Cd、Bi	Mo、W	
人参 3 个均值 / 立地岩石		Zr	Na	Si、Fe、Al、Ti、Li、V、Co、Pb、As、F、U、Th、LREE、HREE、ΣREE	K、Mg、Rb、Ba、Cr、Ni、Cu、Ag、Zn、Hg、B、Sn、Se	Ca、P、Sb、Nb、Cd、Bi、I	Mo、W	

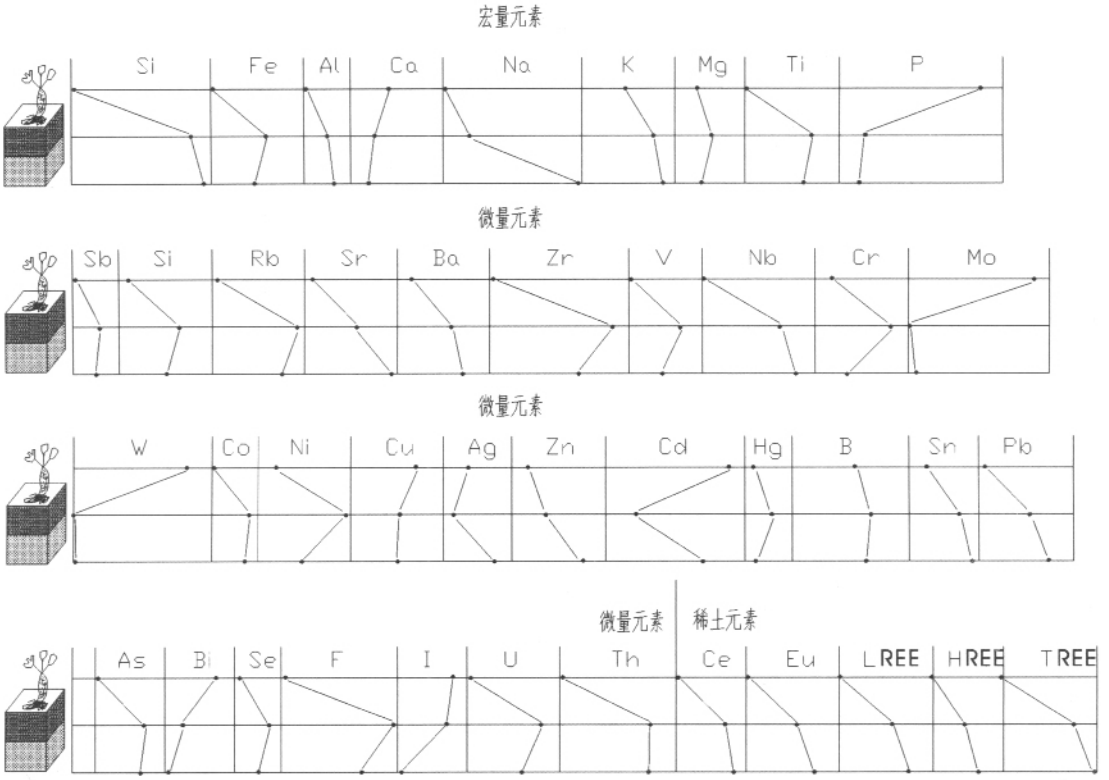

图 2 立地岩石-立地土壤-立地马牙参生态系统中元素不完全迁移链模型

Fig. 2 Partial migration chain model of elements in the rock-soil-ginseng ecosystem of *Maya* ginseng

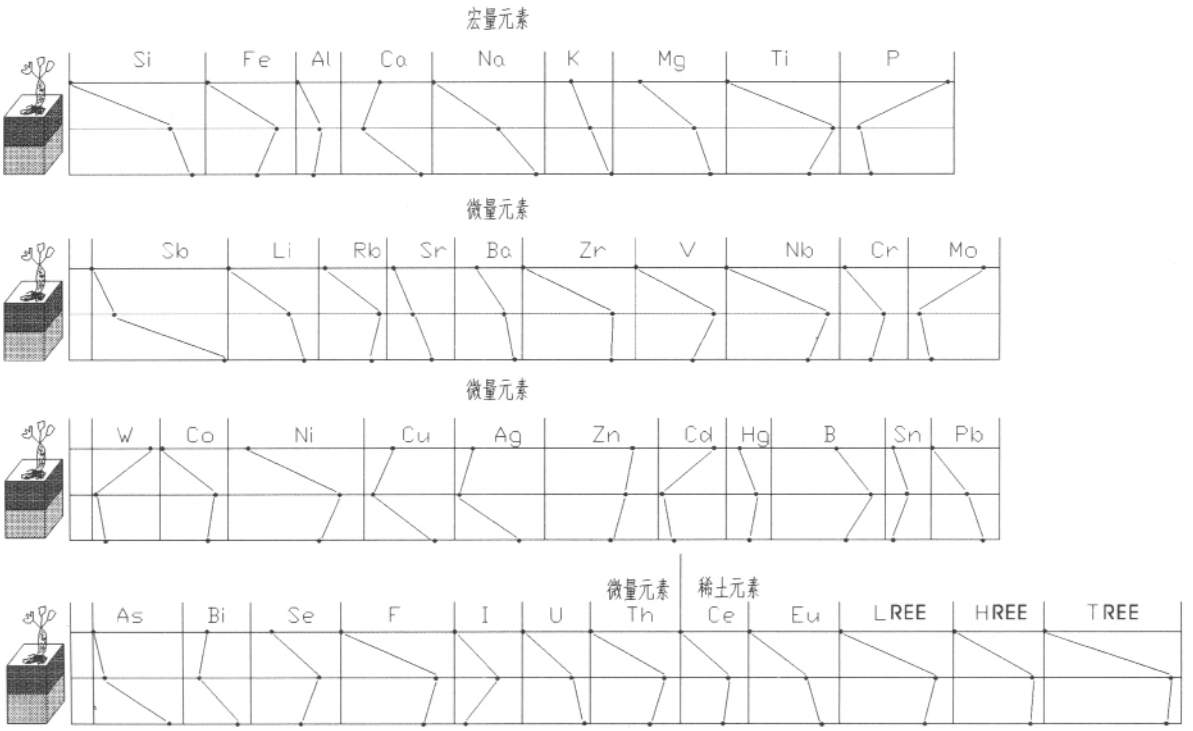

图 3 立地岩石-立地土壤-立地柱参生态系统中元素不完全迁移链模型

Fig. 3 Partial migration chain model of elements in the rock-soil-ginseng ecosystem of *Zhushen* ginseng

图示模型中特征如下.

(1) 宏量元素

在表生带生态环境中,宏量元素在立地岩石(花岗岩类)经风化成土后,原岩中大部分化学元素通过不同形式迁移转化进入土壤,易迁移的元素少部分随地表、地下径流移走,离开原地岩土体,分散或富集到其他自然体中,而大部分元素(特别是难迁移的元素)残留并相对富集在立地土壤中. 土壤上生长的立地植物——人参,根据其生长发育的需要,则选择吸收和富集生命必需的元素. 显然化学元素从无机到有机形式转变的有机化过程中,发生了一系列复杂迁移转化作用. 其中微生物在元素迁移转化中起一定的作用.

在岩石(母岩)转变成土壤过程中,Fe、Al、Ti 相对富集(残留),个别情况下 Ca、Mg、P 也有残留,故其在土壤中含量高于母岩. 而 Si、Na、K 及 Ca、Mg、P 含量低于母岩,表明它们部分地被迁移出原地而分散到其他自然体中.

(2) 微量元素

在母岩转变成土壤的过程中,元素发生了迁移分异作用,使土壤相对富集 Rb、Zr、V、Cr、Co、Ni、Hg、B、Se、F、I、Th,相对贫化 Sr、Ba、Mo、W、Cu、Ag、Cd、Pb. 处于贫化或富集不定的元素有 Sb、Li、Zn、Sn、As、Bi、U.

对于立地植物人参而言,强吸收的元素有 Mo、W、Cu、Ag、Cd、Pb、I,其他为弱吸收元素.

(3) 稀土元素

对人参的科里尔图解中稀土元素线对比研究如下.

①同地异品种对比:石柱子柱参曲线斜率大于马牙参,轻稀土富集,δEu=2.04,Eu 呈正异常;δCe=0.71,呈负异常.

②异地异品种对比:宽甸马牙参曲线斜率大于石柱子柱参,δEu=1.25,呈正异常;δCe=0.53,呈负异常.

③人参与其立地土壤和岩石的对比:稀土元素曲线形态基本吻合,但立地土壤和岩石的曲线斜率小于人参曲线;此外,重稀土曲线段波动,人参曲线斜率大于立地岩、土体. 另外,石柱子柱参与宽甸马牙参 δEu 均大于 1,而 δCe 均小于 1. 其中 δEu 还与立地土壤和岩石相反.

④人参的立地土壤和岩石的 ΣREE 差异:稀土元素由母岩迁移转化到立地土壤后,可发生富集或贫化作用. 石柱子柱参立地土壤相对于母岩稀土元素发生富集,立地土壤 ΣREE 为 107.13×10^{-6},母岩为 102.8×10^{-6};而宽甸马牙参立地土壤中稀土元素则发生贫化,立地土壤 ΣREE 为 147.85×10^{-6},母岩为 188.62×10^{-6}.

⑤人参的 ΣCe/ΣY:研究 ΣCe/ΣY 比值发现,宽甸马牙参(16.13)大于柱参(14.48)和石柱子马牙参(8.535). $(La/Lu)_N$ 比值柱参(12)大于宽甸马牙参(10.913)和石柱子马牙参(5.09),这表明轻重稀土分馏程度的依次降低.

综上所述,母岩在表生带经历风化成土的综合作用,岩石中的化学组合在新的生态环境中发生迁移分异作用,促使岩石的原生化学组成产生新的变化,故上覆土壤中相对原岩而言富集(残留)了某些难以迁移的元素,如 Fe、Al 等,同时也有部分易迁移的元素,如 K、Na、Ca、Mg 等流失,而使土壤发生这些元素的贫化.

元素发生迁移分异作用缘于内因与外因综合作用.内因是指元素的原子结构、键性、化合物性质、离子能量性质、原子重力性质和放射性质,对植物(人参)而言是人参本身生理、生化性质及其细胞、组织器官特性. 外因是表生带生态环境中的热、水、光、压力、密度、介质酸碱度、氧化还原电位、溶液电离度和胶体、有机质作用及地形差异等.

3　结论

(1) 表生带生态环境差异,导致不同地区生长的同一品种的人参(石柱子马牙参与宽甸马牙参)化学元素组合及含量不同;同一地区生态环境相同,生长的人参品种不同(柱参与马牙参),其化学元素组合及含量亦不同. 另外,不同地区生长的不同品种的人参(柱参与宽甸马牙参),其化学元素组合及含量有差异.

(2) 人参的生物吸收系数计算表明,大多数元素吸收数量级位于 0.1 和 0.01 数量级内,而最强吸收的元素有 Mo、W、Bi,强吸收的(1 数量级)元素有 P、Cu、Ag、Zn、Cd、Ca、I、Hg、Sb、Nb 等. 这是人参的选择吸收和富集作用结果.

(3) 宽甸地区人参的生态地球化学不完全迁移链模型表明,从母岩→立地土壤→立地人参生态环境中,化学元素迁移分异作用受控于内、外因综合作用.

鸣谢:感谢商翎高级工程师提供资料.

参考文献:

[1] 商翎,等. 元素生态地球化学及其应用[M]. 沈阳:辽宁大学出版社,1997.

ECO-GEOCHEMISTRY OF GINSENG IN KUANDIAN, LIAONING PROVINCE

LI Dong-feng[1], ZHANG Guang-yu[2], KANG Zhuang[2]
(1. Liaoning Institute of Mineral Resources Survey, Shenyang 110032, China; 2. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110033, China)

Abstract: Zhushen and Maya ginsengs grow in the monzogranite and granodiorite areas in Kuandian County, Liaoning Province. The eco-geological background and eco-geochemical features of the ginseng-soil-rock ecosystem are studied. The similarities and differences of major elements, trace elements and rare earth elements between varieties of ginsengs in the same or different areas are compared. The biological absorption coefficients are counted and analyzed. An eco-geochemical partial migration chain model of ginseng is then put forward.
Key words: ginseng; eco-geochemistry; ginseng-soil-rock ecosystem; Kuandian County, Liaoning Province

作者简介 :李东风(1962—),男,地质工程师,主要从事矿产勘查工作,通信地址 辽宁省沈阳市北陵大街 29 号 辽宁省矿产勘查院,邮政编码 110032.

(上接第 52页)

STUDY ON THE STABILITY AND LANDSLIDE CONTROL OF THE DUMPING GROUND IN NANFEN IRON MINE, LIAONING PROVINCE

ZHANG Yu[1], YANG Zhi-shuang[2], ZHANG Ying[1], SHAO Hui-wen[1], ZHAO Liang[3], LU Xue-li[4]
(1. Liaoning Geo-environment Monitoring Station, Shenyang 110032, China; 2. College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun 130026, China; 3. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110033, China; 4. Liaoning Research Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110032, China)

Abstract: On the basis of analysis and research to the stability of the Dadonggou dumping ground in Nanfen iron mine, Benxi City, Liaoning Province, with scientific forecasting, suggestions and measures are put forward to landslide preventing and controlling. It is concluded that, in the condition when the stability factor is more than 1.1 and water-free, the dumping ground will remain stable. To prevent geological hazard of landslide, the problems of the dumping ground should be tackled in a comprehensive way.
Key words: dumping ground; landslide; stability; geological hazard; Nangen iron mine; Liaoning Province

作者简介 :张玉(1958—),男,高级工程师,1982 年毕业于长春地质学院水工系水文地质与工程地质专业,主要从事水文地质、工程地质、环境地质研究工作,通信地址 沈阳市北陵大街 29 号 1 门,邮政编码 110032,E-mail//biaoge2772@163.com