

周沁沁, 栾文楼, 宋泽锋, 等. 太行山大枣主产区土壤元素背景值及影响因素分析[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(11): 478–481.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.11.137

太行山大枣主产区土壤元素背景值及影响因素分析

周沁沁, 栾文楼, 宋泽锋, 张旭, 王贝, 张蓓

(石家庄经济学院资源与环境工程研究所, 河北石家庄 050031)

摘要:以太行山大枣主产区为研究区域, 对土壤中 18 种植物营养元素以及动物、人体必需元素的背景值与影响元素背景值分布的主要因素进行研究。结果表明, 钙(Ca)、镁(Mg)、钠(Na)、铝(Al)、铬(Cr)、锶(Sr)、磷(P)、镍(Ni)含量相对富集, 而硼(B)、钼(Mo)、氮(N)、钾(K)、铁(Fe)、铜(Cu)、锰(Mn)、锌(Zn)、硒(Se)含量相对贫乏。通过进一步研究发现, 成土母质类型、土壤类型以及土壤中有机的含量也是影响土壤元素含量背景值不可忽视的因素, 而海拔对其影响较小。

关键词:太行山; 大枣; 土壤元素; 母质类型; 土壤类型; 背景值; 影响因素

中图分类号: S151.9⁺3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)11-0478-04

土壤中元素的背景值是指在不受或很少受人类活动影响和工业污染的情况下, 土壤本身固有的元素化学组成或元素的含量水平^[1]。但是由于人类对环境的影响不断增大, 目前已经很难找到绝对不受人类活动影响的土壤, 因而“背景值”无论在时间还是空间上都具有相对的含义^[2]。

研究农业土壤中元素的背景值是土壤环境现状研究的重要内容, 是研究土壤元素的迁移和转化、评价区域土壤质量、制定各类土壤环境标准、合理进行土地利用及规划等过程的基础数据^[3], 具有十分重要的理论和实践意义。

由于土壤对母岩具有继承性, 不同成土母岩发育的土壤, 元素含量有很大的差异。因此, 果树的生长、繁衍和产品质量常具有很强的地域选择性, 具有明显的“易地而竭, 隔界不长”的现象。已有研究表明, 排除气候、栽培等因素后, 名优农产品的品质与当地特有的地质环境和特定土壤地球化学特征有密切的关系。如四川涪陵榨菜适应生长在红色砂泥岩层衍生发育的紫色粉砂质壤土中, 磷(P)、钾(K)、硫(S)、镁(Mg)等元素含量与榨菜品质表现出密切的相关性^[3]; 刘杨等研究发现, 京东板栗生长与土壤中 Mg、铁(Fe)、铜(Cu)、钠(Na)、钴(Co)、镍(Ni)等元素含量有密切的关系^[4]。

太行山山区种植大枣(*Ziziphus jujuba*)的历史悠久, 距今已有 3 000 多年的历史, 大枣被当地农民称为“铁杆庄稼”, 是山区人民经济收入的重要来源, 其种植规模正在不断扩大。太行山山区大枣独特品质的形成是否与当地的土壤地质背景、主要矿质元素的地球化学特征有关, 目前的研究很少。了解土壤背景值及其分布规律与影响因素, 以揭示太行山大枣独特品质形成的地球化学环境, 从而为今后发展大枣特色产业、促进当地大枣生产规划与地质资源的协调发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

太行山区位于河北省中南部, 是我国东部重要自然界限, 地理位置为 36°28′~39°57′N、113°45′~115°48′E。太行山区东部为华北平原, 西部与山西省接壤, 北部与燕山山脉相接, 向南延至河南省境内。该区属于温带湿润半干旱大陆季风气候, 其气候受地形、季风环流影响, 四季分明, 寒暑悬殊, 雨量集中, 干湿期明显, 冬季寒冷干旱, 雨雪稀少; 年平均温度 12.77℃, 无霜冻期约 204 d; 日照充足, 昼夜温差大; 年平均降水量 570.56 mm, 主要集中在 7、8 月份, 平均蒸发量 1 875.71 mm, 平均湿度 65%。该区域内植物种类繁多, 植被结构复杂, 是我国植物资源比较丰富的地区, 尤以盛产“大枣”而闻名国内外。该区域母质类型主要是黑云斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩以及石灰岩; 土壤类型主要有石灰性褐土、酸性粗骨土、棕壤性土, 以酸性粗骨土为主, 占太行山区的 40.2%, 约占片麻岩区土壤的 90%, 是大枣种植发展的主要土壤类型地区之一。

1.2 材料与方法

1.2.1 土壤样品的采集 于大枣成熟期在太行山山区进行土壤样品的采集, 采样点按 1:10 000 网格格式布置, 采样在综合考虑母质类型、土壤类型、植被种类等多种自然因素的基础上, 尽量均匀地分布于整个枣树种植区, 共计 70 个, 主要采集树冠下及树冠周围 0~20 cm 的土壤样品, 每个地标土壤样品均在每株枣树下分散采集, 构成代表性样品, 组成混合代表样。取样时用全球定位系统(GPS)定位, 同时记录取样点的母质类型、土壤类型、海拔等。具体样品采集时间为 2008 年 6 月。

1.2.2 分析测试方法 将土壤样品带回实验室风干, 然后剔除其中动植物残体, 过 40 目筛, 测定项目包括土壤有机质与 18 种元素铝(Al)、硼(B)、钙(Ca)、铬(Cr)、Cu、Fe、K、Mg、锰(Mn)、钼(Mo)、Na、氮(N)、Ni、磷(P)、S、硒(Se)、锶(Sr)、锌(Zn)或其氧化物等。土壤类样品主要由河北省地矿实验室分析, 各元素测定方法如下: Ca、K、Mg、Na、Fe 元素含量的测

收稿日期: 2015-09-08

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(编号: 1212010511212)。

作者简介: 周沁沁(1990—), 男, 湖北潜江人, 硕士研究生, 主要从事环境地球化学方面的研究。E-mail: 252346037@qq.com。

定采用电感耦合等离子光谱法;Cr、Cu、Sr、Mn、N、P、S、Zn、Ni 元素含量的测定采用 X 射线荧光光谱法;B 元素含量的测定采用光谱法;Mo 元素含量的测定采用等离子发射的光谱法;Al 元素含量的测定采用 X-荧光光谱法;Se 元素含量的测定采用氢化物发生-原子荧光法;有机质含量的测定采用容量法。分析测试时间为 2008 年 9 月。

1.3 数据处理与计算

为了定量直观地描述土壤元素的地球化学特征,选用以下表层土壤地球化学统计参数。

(1)均值。为排除异常点以及采样分析等过程中所造成的误差,反复剔除“平均值±3 倍标准差($\bar{x} \pm 3s$)”之外的异常值,计算 $\bar{x} \pm 3s$ 范围内数据的平均值和标准差,以此作为太行山区域 18 种主要元素的背景值。

(2)变异系数 CV。CV 反映元素在地质地球化学作用中分散与集中的程度及元素含量的分异强弱变化。计算公式为 $CV = s / \bar{x}$ 。式中:s 为标准差; \bar{x} 为剔除异常值后的平均值(背景值)。CV≤0.25 为均匀分布;0.25 < CV≤0.50 属于弱分异;0.50 < CV≤0.75 属于分异型;CV>0.75 属于强分异型。

(3)浓度富集系数(K)。K 表示平均值与参照值之比;K₁、K₂ 分别代表太行山区域土壤背景均值与全国土壤背景值、太行山区土壤背景值的比值。K>1.5 为相对富集,K<0.5 为显著贫化,0.5 < K≤1.5 为接近标准^[5]。

数据处理和统计分析采用 Excel、SPSS 19.0 软件。

表 1 太行山区域表层土壤金属氧化物、元素背景值

金属氧化物	金属氧化物含量						
	太行山区域			全国		河北省	
	均值±标准差(mg/g)	范围(mg/g)	CV	背景值(mg/g)	K ₁	背景值(mg/g)	K ₂
CaO	3.56±1.18	1.32~8.15	0.32	2.16	1.68	4.32	0.84
K ₂ O	2.31±0.50	0.82~4.17	0.22	2.24	1.37	1.92	1.59
MgO	2.68±0.64	1.41~5.06	0.24	1.30	2.09	—	—
Na ₂ O	2.71±0.62	1.71~5.12	0.23	1.38	2.04	1.97	1.43
TFe ₂ O ₃	6.27±1.60	3.64~10.63	0.26	4.21	1.34	2.71	2.08
Al ₂ O ₃	14.54±1.24	12.28~18.13	0.09	6.62	2.20	12.69	1.15

元素	元素含量						
	太行山区域			全国		河北省	
	均值±标准差(μg/g)	范围(μg/g)	CV	背景值(μg/g)	K ₁	背景值(μg/g)	K ₂
Cr	93.35±35.73	33.00~307.40	0.38	61.00	1.66	—	—
Cu	37.66±14.65	13.10~118.00	0.39	22.60	1.43	25.40	1.27
B	25.80±11.95	7.40~51.80	0.46	47.80	0.54	25.90	0.99
Mn	669.43±167.94	255.70~1 245.80	0.25	583.00	1.14	569.00	1.17
Sr	244.94±75.12	82.80~589.90	0.31	167.00	1.54	—	—
Mo	0.45±0.15	0.18~0.83	0.33	0.60	0.80	0.61	0.79
N	882.19±174.96	450.60~1 287.10	0.20	893.76	0.99	—	—
P	848.18±263.01	324.60~1 511.60	0.31	553.91	1.53	—	—
S	228.00±67.33	110.70~549.40	0.30	298.15	0.78	—	—
Zn	79.44±17.14	35.80~146.80	0.22	74.20	0.98	73.00	1.00
Ni	41.39±16.66	15.40~165.90	0.40	26.90	1.69	30.80	1.47
Se	0.19±0.043	0.089~0.350	0.23	0.29	0.66	—	—

注:全国土壤元素背景值中氮含量参考文献[9],其他元素参考文献[10],河北省土壤元素背景值参考文献[11]。TFe₂O₃ 表示 Fe₂O₃ 的滴定度;下表同。“—”表示没有可靠的数据,未作记录。

从 18 种金属氧化物、元素的含量及标准差变化范围来看,大部分元素在该区域内的含量变化范围较小,最大值与最小值之间相差 3~5 倍。从变异系数看,N、Al 的变异系数在

2 结果与分析

2.1 太行山土壤金属氧化物、元素背景值分析

地球化学背景值是一定区域范围或者统计单元内元素含量的正常变化范围,反映特定地质地球化学演化作用的物质组成特征^[6]。本研究采用浓富集系数 K 对土壤元素背景值进行分析,结果详见表 1。

由表 2 可以看出,相对于全国土壤背景值而言,Ca、Mg、Na、Al、Cr、Sr、P、Ni 的浓度富集系数均大于 1.5,说明该区域这些元素的背景值相对较高;而 B、Mo、N、K、Fe、Cu、Mn、Zn、Se 的浓度富集系数均在 0.5~1.5 之间,含量也偏低。

相对于河北省土壤元素背景值而言,K、Fe 的浓度富集系数均大于 1.5,特别是 Fe 的浓度富集系数达 2.08,达到了相对富集的标准。其他元素含量的浓度富集系数在 0.5~1.5 之间,含量接近标准背景值。品质元素 K 和大枣生长期间 Mn 元素在太行山区土壤中含量比较富集。就微量元素而言,除 Ca、B、Mo 元素背景值含量偏低,Mg、Cr、Sr、N、P、S、Se 没有可比较的背景值标准外,其他元素背景值均接近或略高于全国或者河北省土壤的背景值,此结果可能与该地区地质构造复杂、地层出露齐全、各种矿产资源较丰富有关^[7]。Ca、B、Mo 含量偏低则可能与该地区独特的地质背景以及特定背景下发育的土壤理化性质有一定的关系^[8]。

0.2 及以下,说明这 2 种元素在该区域内分布比较均匀;B、Ni 的变异系数在 0.4 及以上,说明这 2 种元素相对与其他元素而言变异性最大,可能是由于这些元素在表生环境中或者内

生地球化学作用下具有较强的地球化学活动性,易于活化迁移重新分配而在不同地区产生分异的结果。

2.2 太行山土壤金属氧化物、元素背景值的影响因素分析

2.2.1 成土母质类型 对太行山区域全部取样点按母质类型分类,得到不同母质类型土壤中氧化物、元素的含量,详见表 2。进行方差分析发现,在不同的母质类型中,元素 Ca、Cr、Cu、B、Sr、Mo、P、S、Ni 或其氧化物的含量差异明显,这可能是

由于地球化学物质循环到表生环境中,因背景条件的不同而发生分异的结果^[12]。通过对其均值分析发现,黑云斜长片麻岩发育的土壤富含 K、Mg、Fe、Cr、Cu、Mn、Zn、Ni、Sr 等元素,这可能与原岩风化后物质浓缩有关;石灰岩发育的土壤富含 Ca、Cr、B、Mn、Mo 等元素,这可能与石灰岩形成于海相环境,物质来源丰富有关^[13];在最适宜生长的黑云斜长片麻岩区域,Mg、Fe、Cr、Cu、Mn 含量均比其他母质类型含量高。

表 2 太行山区不同母质类型发育的土壤中各金属氧化物、元素含量平均值

金属氧化物	金属氧化物含量(mg/g)			
	黑云斜长片麻岩	斜长角闪片麻岩	片麻岩	石灰岩
CaO	3.55±0.96	3.39±1.06	3.69±1.88	4.20±1.04
K ₂ O	2.35±0.57	2.33±0.50	2.32±0.75	2.58±0.32
MgO	3.06±0.76	2.75±0.43	2.20±0.52	2.73±0.61
Na ₂ O	2.80±0.52	2.95±0.80	2.99±0.99	2.02±0.14
TFe ₂ O ₃	7.12±1.44	6.70±1.57	4.96±0.92	5.65±1.30
Al ₂ O ₃	14.70±0.80	14.64±0.98	14.79±1.69	13.12±0.86

元素	元素含量(μg/g)			
	黑云斜长片麻岩	斜长角闪片麻岩	片麻岩	石灰岩
Cr	123.51±58.43	88.21±22.12	78.98±28.66	111.72±95.99
Cu	46.60±17.34	45.42±24.76	28.38±9.61	41.53±28.68
B	23.87±9.74	21.46±12.11	26.69±11.98	40.92±8.07
Mn	757.01±174.61	705.34±175.59	543.14±124.72	704.57±140.22
Sr	267.16±64.54	278.93±93.02	248.06±136.20	197.42±20.93
Mo	0.43±0.14	0.42±0.11	0.43±0.16	0.65±0.12
N	806.06±144.01	895.62±177.66	970.72±176.77	869.42±196.01
P	863.14±235.78	909.07±295.12	770.55±301.82	844.05±146.33
S	219.44±60.69	219.74±58.95	260.57±109.47	232.96±61.77
Zn	83.76±20.80	83.05±16.84	76.98±23.97	78.90±14.88
Ni	58.79±34.01	38.99±11.26	34.77±12.51	39.72±24.19
Se	0.18±0.04	0.20±0.06	0.19±0.05	0.19±0.03

2.2.2 土壤类型 本研究取样点主要的土壤类型为粗骨土、褐土以及壤土。对表 3 结果进行方差分析表明,Ca、Cr、Cu、B、Sr、S、Ni、Se 元素在不同类型土壤中含量差异显著。对表 3 进行均值比较发现,壤土中 K、Cr、Cu、B、Mn、Mo、P、Zn 含量最高;褐土中 Ca、Mg、N 元素含量最高;粗骨土中 Al、Sr、Ni 元素含量最高。通过比较可以明显看出,不同类型土壤中元素含量差别较大,可见土壤类型对元素背景值分布有很大的影响。

2.2.3 土壤有机质的含量 土壤有机质是农作物生长所需的多种营养元素的主要来源,对土壤化学、物理和生物学性质都有很重要的影响,不同土壤类型中有机质的含量有很大的差异^[14]。表 4 表明,有机质含量与土壤中 K、Mg、Na、Al、B、Mn、Sr、Mo、N、S、Ni、Se 这 12 种元素呈正相关,与 K、Na、B、Sr、Mo、N、S、Se 这 8 种元素呈极显著正相关,与 Ca、Fe、Cu 呈负相关,与其他元素则没有表现出显著的相关性。

2.2.4 海拔 将枣树种植高度分为 >300、200~300、<200 m 3 类。这是因为不同高程常常分布着不同的成土母质类型,因此对土壤元素的分布有显著影响。对不同海拔的土壤金属氧化物、元素含量进行均值比较以及方差分析,表 5 表明,Ca、K、Al、N、S 在 <200 m 的区域含量最高;Na、Sr、Ni 在 200~300 m 的区域内含量最高;Mg、Fe、Cr、Cu、B、Mn、Mo、P、Zn 在 >300 m 区域内含量最高。综合比较发现,各海拔的元素含量差异不明显。

表 3 太行山区不同土壤类型中各金属氧化物、元素含量均值

金属氧化物	金属氧化物含量(mg/g)		
	粗骨土	褐土	壤土
CaO	3.53±1.55	3.97±1.04	3.64±0.98
K ₂ O	2.29±0.74	2.23±0.36	2.49±0.34
MgO	2.62±0.75	2.83±0.46	2.81±0.67
Na ₂ O	3.15±0.84	2.30±0.41	2.51±0.53
TFe ₂ O ₃	5.94±1.57	6.37±1.49	6.68±1.62
Al ₂ O ₃	15.06±1.20	13.99±1.03	14.03±1.09

元素	元素含量(μg/g)		
	粗骨土	褐土	壤土
Cr	97.88±53.01	101.04±32.95	105.41±55.64
Cu	36.74±14.90	37.88±13.62	46.40±26.01
B	19.59±10.07	26.23±9.06	33.73±10.33
Mn	594.51±152.99	725.80±166.49	771.19±170.83
Sr	275.67±111.11	200.46±31.22	250.90±78.02
Mo	0.37±0.11	0.47±0.08	0.54±0.15
N	888.00±194.91	889.44±226.49	872.51±132.60
P	811.37±294.67	754.16±111.52	926.43±235.02
S	235.61±96.12	203.31±75.31	237.24±43.28
Zn	76.59±20.83	74.55±10.04	89.37±19.08
Ni	47.69±32.18	45.71±17.58	42.37±17.73
Se	0.18±0.05	0.19±0.07	0.20±0.03

表 4 土壤中各金属氧化物、元素含量与有机质含量的相关系数

金属氧化物或元素	与有机质含量的 相关系数	元素	与有机质含量的 相关系数
CaO	-0.152	Mn	0.041
K ₂ O	0.363	Sr	0.628
MgO	0.218	Mo	0.409
Na ₂ O	0.680	N	0.595
TFe ₂ O ₃	-0.192	P	0.050
Al ₂ O ₃	0.147	S	0.825
Cr	0.029	Zn	0.093
Cu	-0.190	Ni	0.131
B	0.701	Se	0.780

表 5 太行山区不同海拔各金属氧化物、元素含量均值

金属氧化物	不同海拔金属氧化物含量(mg/g)		
	<200 m	200 ~ 300 m	>300 m
CaO	3.72 ± 2.34	3.58 ± 1.34	3.64 ± 0.98
K ₂ O	2.58 ± 0.71	2.18 ± 0.69	2.49 ± 0.34
MgO	2.36 ± 0.48	2.75 ± 0.75	2.81 ± 0.67
Na ₂ O	2.80 ± 0.95	3.04 ± 0.81	2.51 ± 0.53
TFe ₂ O ₃	4.69 ± 0.83	6.42 ± 1.50	6.68 ± 1.62
Al ₂ O ₃	15.44 ± 1.78	14.69 ± 0.98	14.03 ± 1.09

元素	不同海拔元素含量(μg/g)		
	<200 m	200 ~ 300 m	>300 m
Cr	86.69 ± 31.55	102.04 ± 53.74	105.41 ± 55.64
Cu	25.64 ± 9.05	40.38 ± 14.20	46.40 ± 26.01
B	30.14 ± 8.08	18.00 ± 9.00	33.73 ± 10.33
Mn	484.79 ± 114.91	659.59 ± 152.96	771.19 ± 170.83
Sr	180.45 ± 62.82	286.29 ± 103.36	250.90 ± 78.02
Mo	0.38 ± 0.12	0.39 ± 0.11	0.54 ± 0.15
N	1 084.59 ± 119.52	828.78 ± 178.54	872.51 ± 132.60
P	805.14 ± 380.66	797.20 ± 234.74	926.43 ± 235.02
S	336.43 ± 99.29	197.32 ± 62.05	237.24 ± 43.28
Zn	84.55 ± 25.66	73.68 ± 16.45	89.37 ± 19.08
Ni	35.54 ± 10.73	50.89 ± 32.86	42.37 ± 17.73
Se	0.22 ± 0.04	0.17 ± 0.05	0.20 ± 0.03

3 结论与讨论

本研究表明,在太行山区范围内,Ca、Mg、Na、Al、Cr、Sr、P、Ni 含量较丰富,而 B、Mo、N、K、Fe、Cu、Mn、Zn、Se 含量较低,此结果可能是该区片麻岩类型面积较大的原因,其发育土壤中这些元素含量低于其他母质类型土壤元素的含量。在石灰岩中虽然富含一些矿质元素,但由于其土质黏重,不适合大枣的生长。而在黑云斜长片麻岩区域发育的土壤中,K、Mg、

Fe、Cr、Cu、Mn、Zn、Ni、Sr 这些元素含量较高与该区域内大枣独特品质有很好的相关性,特别是 K、Sr 元素含量高是与大枣品质有关的因素之一,这有栾文楼等的研究结果^[15]吻合。

本研究取样点的土壤类型为粗骨土、褐土以及壤土。成土母质显著或者极其显著影响着太行山区 K、Cr、Cu、B、Mn、Mo、P、Zn、Ca、Mg、N、Al、Sr、Ni 这 14 种元素的含量。当土壤中某些矿质元素含量因作物吸收或者淋溶而降低时,还是主要依赖于土壤母质中元素的释放和补给^[8]。因此,在背景值受到多方面因素的影响下,成土母质是决定该区域土壤元素含量分布最重要的因素。土壤类型和土壤中有有机质含量对该区域土壤元素含量分布也有很重要的影响,而海拔对该区域土壤元素含量分布没有多大的影响。

参考文献:

- [1] 蒋德珍,滕恩江,刘延良. 土壤背景值数据差异的来源分析及土壤类型对背景值的影响[J]. 中国环境监测,1996(2):21-24.
- [2] 陈怀满. 土壤中化学物质的行为与环境监测[M]. 北京:科学出版社,2002:23.
- [3] 李正积,付平都,庞在祥,等. 涪陵榨菜菜头品质与地质背景关系的研究[J]. 四川地质学报,1994(2):149-160.
- [4] 刘 杨,孙志梅,许 靖,等. 京东板栗主产区土壤元素背景值及其影响因素分析[J]. 水土保持学报,2010,24(5):49-53,73.
- [5] 蒋敬业,程建萍,祁士华,等. 应用地球化学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2013:96-112.
- [6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [7] 谢开云. 燕山片麻岩山区农业综合开发[M]. 北京:中国农业科技出版社,1995:66-68.
- [8] 戎秋涛,翁焕新. 环境地球化学[M]. 北京:地质出版社,1990:62-63.
- [9] 王玉婷,何明友,白宪洲,等. 宜宾市江安县桐梓地区土壤元素背景值研究及其意义[J]. 广东微量元素科学,2008,15(1):30-38.
- [10] 魏复盛,陈静生,吴燕玉,等. 中国土壤环境背景值研究[J]. 环境科学,1991,12(4):12-19,94.
- [11] 栾文楼. 太行山大枣与生态地质地球化学环境比配研究成果报告[R]. 石家庄:河北地质大学资源与环境工程研究所,2010.
- [12] 路风香. 岩石学[M]. 北京:地质出版社,2006.
- [13] 唐 将,李 勇,邓富银,等. 三峡库区土壤营养元素分布特征研究[J]. 土壤学报,2005,42(3):473-478.
- [14] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2000:412-418.
- [15] 栾文楼,赵瑾瑛,崔邢涛,等. 河北行唐大枣品质与成土母岩类型关系的探讨[J]. 中国地质,2007,34(5):935-941.