

成土母岩营养元素含量与柑桔产量的关系^①

王传松^②

江西地质矿产调查研究大队 南昌 330201

摘要 以柑桔园成土母岩、土壤中营养元素含量为自变量,柑桔产量为因变量建立了多元回归方程,运用这些方程对规划区进行了产量预报。此外,对营养元素影响柑桔产量的作用机制也进行了初步探讨。

关键词 成土母岩 土壤 营养元素 柑桔 多元统计

农业(包括种植业和林业)的植物生长所需要的营养元素,主要来源于地壳上部包括岩石、土层等的地质环境。它们是构成农业生态环境系统的物质基础之一。岩石(土壤母质或成土母岩)→土壤→植物系统中营养元素的地球化学迁移和平衡直接影响农业产量的高低。

本项目在江西省赣州地区现有柑桔园中,选择管理正常、已成年的果园60个,采集成土母岩、土壤、柑桔(叶、果)样品600多个,根据营养元素含量的分析数据,建立了以柑桔产量为因变量,营养元素含量为自变量的回归方程。将所建立的回归方程对规划区产量进行预测。

此外,根据单变量统计分析的平均值及多元统计分析结果对成土母岩→土壤→柑桔营养元素的迁聚规律进行了探讨。

1 样品采集和分析测试

在现有果园和柑桔规划区进行采样,按立体生态剖面系统从成土母岩(岩石)→土壤(自下而上分C、B、A三层)→柑桔叶片→柑桔果实分层取样。

样品分析项目为SiO₂、Al₂O₃、S、K、P、

Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、Ti、Na、B、Cl、Pb、Sr、F、Cd、ΣREE及pH值。土壤剖面中的营养元素含量分别分析了全量和有效态。

分析测试单位均为省计量局认证的计量合格单位。分析数据质量符合要求。

2 多元回归分析结果

回归分析的数学模型是:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i$$

式中: y 为因变量; x_i 为自变量; b_i 为待定系数; b_0 为常数项。

在对柑桔规划区产量的预测中,将柑桔园的年产量为因变量,成土母岩、土壤的营养元素含量为自变量建立回归方程部分结果列于表1。

从表1可知,以土壤A层有效态,土壤B层全量及成土母岩的化学成份为自变量,以柑桔产量为因变量都能建立起线性高度显著的多元回归方程。这说明成土母岩、土壤中与作物生长有关的营养元素(包括主量元素和微量元素)含量与柑桔的产量存在十分密切的线性关系。

应用所建立的多元回归方程,对赣州地

① 地质矿产部江西省赣州地区经济开发团1991年扶贫基金科研项目。

② 王传松 男,高级工程师,从事数学地质、环境地质等有关方面的科研工作。

区柑桔规划区进行了产量预报,其结果列于 表 2。

表 1 回归分析结果^①

项目	回 归 方 程	样品数	复相关 系数	r _{0.01}	显著性 检验
土壤 A 层 有效态	$Y = -8.60 + 0.000820X_{Mn} - 0.663X_{Cu} + 0.610X_{Zn} - 1.07X_{Mo}$ $- 0.257X_{Ti} + 8.66X_B - 0.0236X_{Cl} - 0.00720X_{Na}$ $+ 119X_{ΣREE} + 1.57X_{pH}$	26	0.82	0.61	高度 显著
土壤 B 层 全量	$Y = -5.56 - 0.0382X_{SiO_2} - 0.0697X_{Al_2O_3} - 0.861X_{Fe} + 39.6X_S$ $- 0.276X_K - 0.00557X_P + 0.00126X_{Mn} - 0.0326X_{Cu}$ $- 0.0251X_{Zn} - 0.0101X_{Mo} - 0.555X_{Ti} + 0.00143X_B$ $- 0.00248X_{Cl} - 3.73X_{Na} + 0.0434X_{Pb} + 11.5X_F$ $- 0.0181X_{Sr} + 1.93X_{Cd} + 36.3X_{ΣREE} + 2.08X_{pH}$	31	0.85	0.71	高度 显著
成土母岩	$Y = -12.9 - 0.000626X_{Mn} + 0.00395X_{Cu} - 0.0397X_{Zn}$ $+ 1.31X_{Mo} + 9.13X_{Ti} - 0.0163X_B + 0.0406X_{Cl} - 1.21X_{Na}$ $- 19.1X_{ΣREE} + 1.68X_{pH}$	18	0.87	0.80	高度 显著

① 各变量单位:Y(kg/m²);X_{SiO₂}、X_{Al₂O₃}、X_S、X_{Fe}、X_K、X_{Ti}、X_{Na}、X_F、X_{ΣREE}(%),其余(μg/g)。

表 2 赣州地区柑桔基地规划区预测产量 kg/m²

地层单元	预报产量						均值
Q ₄	2.6	2.6	3.0				2.7
Q ₁₋₃	0.6	0.9	1.5	2.3	4.5		1.7
	2.1	1.5	1.9	0.8	1.0		
E-K	0.8	3.4	3.0	1.9	5.7		4.0
	6.2	3.1	2.1	5.1	2.6		
	4.5	5.3	3.4	3.8	6.8		
	6.3	3.8					
J ₁₋₃	3.0	1.2	3.3	4.2			2.9
C ₂ -T	1.9	1.9	3.0	2.3			2.3
C ₁ -D	1.9	1.9					1.9
Є	3.8	2.3	4.5	3.4	4.2		3.1
	1.5	2.3					
Z	3.0	3.0	6.2	4.5			4.2
M _s	2.3	3.0					2.7
γ ₅	3.4	3.0	2.6	4.2	3.8		3.6
	6.0	3.8	1.9	4.5	3.0		
γ ₃	3.0	2.6	5.7	4.5	3.8		3.7
	2.6						

3 农业地质背景中营养元素的作用机制

柑桔生长从土壤(包括成土母岩)吸取养分。营养元素对植物生命活动的作用,除与成土母岩及土壤的元素含量有直接关系外,也与元素之间的相互作用密切相关。它们既有元素之间的拮抗作用、协同作用,也有元素之间的补充替换关系,并随元素间相对浓度及环境条件(pH、Eh 值)的变化而变化。在土壤中各元素间要始终保持相对的动态平衡,才有利于果树的吸收。由表 1 所示的柑桔果园产量与营养元素含量的线性高度显著相关,就从一个侧面揭示了这种关系。为了进一步研究营养元素对柑桔生长的作用机制,有必要探讨元素在岩石、土壤以及柑桔中的相关关系。

3.1 岩石成土过程中元素相关的量变

元素之间的相关系数是研究物质化学组分之间相互关系的重要特征。作者对成土母岩、土壤 B 层元素含量及土壤 A、B 层元素有效态各批样品分析数据做了相关分析,计算了元素之间达到显著相关(即相关系数 r 的

绝对值 $|r| \geq r_{0.05}$)的元素对数目。

成土母岩的各化学成分之间存在着十分复杂的相关关系,其显著相关的元素对高达54对。这些相关性既有Si、Al、K、Fe等元素形成的造岩矿物与微量元素Mn、Cu、Zn、Mo、Sr、REE等的相关性;也有Si、Fe、Al、K等主量元素之间,Mn、Cu、Zn、Mo、REE等微量元素之间的相关性。

从计算土壤B层全量各元素含量的相关系数可知:高产组(柑桔年产量为 $2.3\text{kg}/\text{m}^2$ 以上,平均 $3.0\text{kg}/\text{m}^2$)有31对元素对显著相关;低产组(柑桔年产量为 $2.3\text{kg}/\text{m}^2$ 以下,平均 $0.98\text{kg}/\text{m}^2$)有44对元素对显著相关。两组相关元素对的数目都少于成土母岩中元素之间显著相关元素对的数目——54对。

从计算土壤A层、B层营养元素有效态显著相关的元素对数可知:A层为7对;B层为3对。这些显著相关的元素对数都远小于成土母岩。

综上所述,在岩石转变为土壤过程中,地球化学元素间的相关性大为减少。这种元素之间相关性的降低,实质上是成土母岩经地质大循环和生物小循环形成土壤的物理、化学复杂过程中,使许多与作物生成密切相关的主量、微量营养元素从成土母岩中被束缚的状态下分解出来。这是营养元素的活化过程,这些经过活化的元素,有利于作物的吸收和生长。从高产组显著相关的元素对少于低产组,亦可说明这一点。

3.2 成土母岩-土壤-柑桔叶中元素相关性

① 成土母岩与土壤各层化学成分有相关性的元素,其相关系数均为正值,属正相关。体现了土壤的化学成分与成土母岩之间化学成分的继承性。其中C层与成土母岩的关系最为密切,有相关性的元素为P、Pb、Fe、K、Mn、Cu、和 SiO_2 等。充分说明了土壤的天然营养元素来源于成土母岩。

② 土壤各层化学成分全量与有效态之

间存在密切的相关关系。例如,元素Mn在土壤的3个层位中相关性均高度显著,说明活性锰的量强烈受土壤中含Mn量的支配。

③ 柑桔叶片的化学成分与成土母岩、土壤的化学成分密切相关。例如,土壤A层、B层中的Mn元素含量(包括全量及有效态)与叶片的Mn元素含量呈十分显著的正相关; SiO_2 在A、B层土壤中全量与叶片 SiO_2 呈十分显著的正相关;Zn元素在B层有效态及成土母岩中的含量与叶片中Zn元素的含量正相关;Mo元素在A层(全量及有效态)的含量与叶片中Mo元素的含量呈显著正相关。上述结果表明成土母岩、土壤的化学成分明显影响叶片的化学成分。

3.3 地球化学元素迁聚规律探讨

3.3.1 元素平均含量的变化规律

对赣州地区岩石、土壤、柑桔叶及果实中元素平均含量统计结果列于表3。数据表明:

① 除Fe、Mn及Zn元素在土壤中有有效态含量高于柑桔果品或叶片含量外,其它各元素有效态含量均低于柑桔叶片及果品中的元素含量。由此可以推断,为了满足柑桔生长对营养元素的需求,土壤中的营养元素其有效态含量必须获得补充。

② 除N、P、K及Mo元素在成土母岩或土壤中的含量低于柑桔果品或叶片外,其余元素在土壤中的平均含量均高于该元素在柑桔果品及叶片中的含量。可以推断,由成土母岩发育形成的土壤,是供给柑桔生长所必需的营养元素的天然供应库。

3.3.2 元素含量比值的变化规律

① 由表3数据计算得出柑桔叶片中元素含量与A、B、C土壤层中有效态元素平均含量比值。可看出,主量营养元素P、K及微量元素Zn、B,其比值为几十至几千。这说明柑桔叶片的生长需强烈吸收这些元素,为了满足柑桔生长的需要,必须注意加施含有这些元素的肥料。

② 同上述方法计算柑桔果品中元素含量与土壤中该元素有效态的比值。结果表明,除了 Zn、Fe、Mn3 元素小于 1 外,其余元素均大于 1。其中 P、Mo 两元素比值分别高达 103 和 60,说明柑桔果品在生长过程中,需强烈吸收这些元素做养分。

③ 表 4 列出赣州地区岩石、土壤、柑桔叶及果实中部分元素平均含量的比值。由此可知,元素对比值呈有规律的变化。Mn/Cu 元

素对比值,自土壤有效态→成土母岩→土壤全量→柑桔叶、果,不断下降;P/Zn、K/Na 比值则不断上升。元素对比值的有规律变化,反映出营养元素从岩石→土壤→柑桔的相关性动态变化是受岩石物质结构、pH 值、Eh 值、有机物的赋存状态以及地下水化学性质的多因素所影响,也受柑桔生长对不同元素需求差别的影响,从而导致其土壤中的柑桔所需微量元素比率的变化。

表 3 元素平均含量 μg/g

元素	柑桔	柑桔叶	土壤层中全量			成土母岩	土壤层中有效态		
			A	B	C		A	B	C
N	1350		1080	600					
P	70.3	1740	251.3	255.8	232.9	400.5	1.091	0.579	0.379
K	877	16260	13310	12680	18250	25070	83.5	65.1	79.5
Cu	0.97	10.1	17.6	18.4	17.6	19.3	0.926	0.504	0.408
Zn	0.53	21.8	44.3	50.3	54.4	55.4	0.726	0.57	0.776
Fe	1.77	221.8	35860	37490	39400	39050	12.7	3.3	2.3
Mo	2.68	0.091	1.487	1.498	1.342	0.957	0.045	0.041	0.048
B	0.22	52.1	55.8	51.8	54.5	47.9	0.097	0.07	0.062
Mn	0.105	57.7	199.2	229.5	228.6	389.4	45.1	51.3	63.2
Cl	51		80	74.2	70.9	88.4			

表 4 部分营养元素平均含量的比值

项目	柑桔	柑桔叶	土壤中全量			成土母岩	土壤中有有效态		
			A 层	B 层	C 层		A 层	B 层	C 层
Mn/Cu	0.108	5.70	11.31	12.47	16.4	20.16	48.71	101.8	154.9
Fe/Mn	16.86	3.83	180	163.4	136.5	100.3	0.28	0.06	0.04
P/Zn	132.6	79.9	5.68	5.09	4.28	7.23	1.50	1.02	0.49
K/Na		65.2	31.6	25.4	18.8	8.8	2.56	1.76	1.93
SiO ₂ /Al ₂ O ₃		6.73	4.57	4.26	3.97	3.99			
SiO ₂ /Fe		8.16	19.2	18.1	16.7	15.60	3.98	26.8	40.2

本文系作者参加江西省“赣州地区果业基地成土母岩-土壤环境优选评价”科研项目的部分成果。实际资料系项目组全体同志的劳动成果,特此致谢。

1 戎秋涛,翁焕新. 环境地球化学. 北京:地质出版社, 1990. 59~76.

2 于崇文等. 数学地质的方法与应用——地质与化探工作中的多元分析. 北京:冶金工业出版社,1980. 46~68.

4 参考文献

(收稿日期:1993-04-04,修回日期:1993-11-20)

Relation between the Citrus Yield and the Content of Nutritive Elements in Pedogenin Mother Rock

Wang Chuansong

(Geological Surveying and Research Party of Jiangxi Province, Nanchang, 330201)

Multivariant regression equations are established by taking the citrus yield as the dependent variable and the contents of nutritive elements in the pedogenin mother rock and in the earth at citrus orchard as independent variables. Forecasting of the citrus yield in the planning area is tried by making use of these regression equations. An attempt is made to explore the function of nutritive elements on the citrus yield.

Key words: pedogenin mother rock, earth, citrus, multivariant regression, nutritive elements

读者、作者和编者

关于新设栏目“分析技术开发”

当今,人们已充分地认识到科学技术是第一生产力,愈来愈重视科学技术成果服务于国民经济建设的需要。分析科学及测试技术领域如何适应改革开放形势,在市场经济规律指导下将研究成果尽快地应用于建设中取得经济效益,是摆在我们面前的新课题。近年来,不少分析工作者已经先行,打破了行业封闭体系,拓宽了分析测试技术的应用范围,同时结合化学化工、计算机等技术推出了新的测试仪器、新的化工产品以及延伸的科技成果等,为发展科学技术和经济建设做出了新贡献。

本刊为适应新的时代步伐,在坚持《岩矿测试》办刊宗旨和特色的基础上,新开辟“分析技术开发”栏目,刊载诸如本期“成土母岩营养元素含量与柑桔产量的关系”、“金银铂及首饰物的无损检测”和“MAu-1型微量金分析仪”一类的开发项目文章,但愿这些内容能满足读者的需要。由于这个栏目在尝试阶段,可能会出现一些偏差甚至错误,希望各位读者能及时提出批评予以指教。

《岩矿测试》编辑部

1994-04-20