

降水对海南省吊罗山季雨林及橡胶林 土壤中元素迁移的影响*

何园球 王明珠 赵其国

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要

本文根据3年的定位资料, 研究降水对海南省热带季雨林和橡胶林土壤生态系统中凋落物的分解以及透过水、地表径流、土壤渗漏水及沟谷水等各类型水中硅、铁、铝、钙、镁、锰、钾、钠、磷等9种元素迁移的影响。

关键词 季雨林; 橡胶林; 元素迁移

降水是热带季雨林与橡胶林土壤物质迁移主要的影响因素之一。前人已作了不少研究^[1-4], 但对降水与土壤元素迁移关系的研究尚较少。作者从1984年开始, 在海南省吊罗山建立了以热带季雨林土壤生态系统为主, 人工橡胶林土壤生态系统为辅的定位观测点。本文根据3年来积累的大量资料, 就降水对热带季雨林与橡胶林土壤生态系统中几种元素迁移的影响问题作一些探讨。

一、试验地概况和研究方法

试验观测点设在海南省吊罗山热带季雨林和橡胶林内, 地理位置为东经109°53'与北纬18°50'。海拔高度分别为130m与80m, 季雨林为次生林, 乔木高大, 结构复杂, 附生植物多, 建群种以番荔枝(*Annona squamosa*)、绿楠(*Manglietia hainanensis*)、陆均松(*Dacrydium pierrei*)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)、苦楝(*Melia azedarach*)和胀荚红豆(*Ormosia inflata*)、鸡毛松(*Podocarpus imbricatus*)等为主, 覆盖度100%; 橡胶林为4—6年生林, 地面生长小灌木和禾草, 覆盖度约80%; 这里年均气温23°C, 降雨量2120mm, 蒸发量1218mm, 具有明显的干湿季气候特征^[5]; 成土母质为花岗岩风化物, 土壤类型属于黄色砖红壤。

逢降雨天, 每天20时量测一次降雨量(开阔地无覆盖处2个雨量筒平均值)、透过水量(季雨林和橡胶林内各3个雨量筒平均值)、地表径流量(径流场为100m²)及各层土壤渗水量(用无张力排水采集器测定, 测定深度为0—2cm、3—14cm、15—35cm和36—90cm); 每天20时量测一次蒸发量(季雨林内2个, 橡胶林内1个直径20mm的蒸发皿的平均值); 每月选择<20mm、20—50mm和>50mm的降雨过程, 采集雨水、透过水、地表径流水、各层土壤渗漏水、井水(水井位于山间小盆地, 停雨后用水桶取井水3次, 每次

本文于1990年12月收到, 1991年5月收到修改稿。

* 本文得到本所陈鸿昭副研究员的热情帮助和指正, 特此致谢!

间隔2小时,然后混合后取100g水样)、河水(距样地80m)及沟谷水等水样,测定其 SiO_2 (硅钼蓝法)、 Al_2O_3 (铝试剂法)、 Fe_2O_3 、 MnO 、 CaO 、 MgO (原子吸收法)、 K_2O 、 Na_2O (火焰光度法)及 P_2O_5 (磷钼蓝法)等9种元素(氧化物)的浓度;每5天用烘箱测定1次土壤含水量(深度分别为:10、30、50、70、90、120和150cm);采用透水透气性良好的尼龙布袋装入混合的季雨林干凋落物,放置90、180、270和360天后测定其分解速率;每月进行凋落物、鲜叶(选择上述建群种有代表性的单株,上午8—9时采集其功能叶,然后擦去灰尘,迅速干燥备用)和表土20cm全量元素的测定。

二、热带季雨林、橡胶林土壤生态系统的水分特征

1. 降水及其再分配特点 热带季雨林和橡胶林年均透过水的日数为102天(次),其中 $<20\text{mm}$ 、 $20\text{—}50\text{mm}$ 和 $>50\text{mm}$ 的透过水分别为72、17和13天(次),分别占年透过水量的29.8%、24.9%和45.3%,主要降于5—10月,尤以8—10月最为集中(图1)。因此,可把5—10月作为雨季,11—4月作为旱季和过渡季。这种季节性的水分特点对林内雨水再分配和元素地球化学行为产生了很大影响。

通常降雨过程发生后,雨水的去向是,被林冠所截留,被凋落物层保蓄,因蒸发和地表

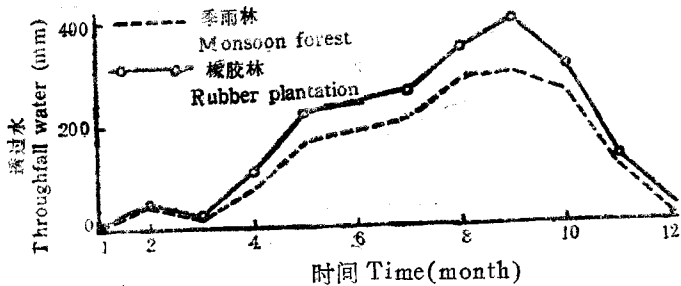


图1 热带季雨林和橡胶的透过水量
Fig. 1 Throughfall water capacity of tropical monsoon forest and rubber plantation

径流而损失,渗入土壤中。各部分的消长随降雨量大小及林型而异(表1)。当降雨量 $<20\text{mm}$ 时,林冠截留量、蒸发量相对较大,而地表径流量、土壤渗入量和凋落物层保蓄量均较小。随着降雨量增加,而向着相反的过程发展。但在相同降雨强度下,热带季雨林与橡胶林内,雨水的再分配并不完全一致。季雨林林冠覆盖度大,凋落物层厚,林冠截留量、渗入量和凋落物层保蓄量都较大;而橡胶林的覆盖度小,蒸发量大,而且在植胶时开成梯埂,阻拦了雨水向下渗漏。所以,地表径流量相对较小,而土壤渗入量则增大。

由于季雨林凋落物层具有保水作用,而橡胶林的梯埂又有挡水作用,两者土壤含水量的绝对值相差并不大,但其季节性动态变化却有明显的差异(表2)。首先表现在随着土层的加深,土壤含水量明显增加,而雨季各土层间含水量的变化差异较小,旱季较大,说明在热带季雨林和橡胶林内雨季水分运行的特征以渗漏为主,旱季则以上移消耗为主,其次是热带季雨林与橡胶林内透过水量和土壤含水量增加的程度与降雨和不降雨间隔的天数密切关联。一般来说,降雨量越大,降雨时间越长、降雨间隔天数愈短,则透过水量越大,

土壤含水量越高。

表 1 热带季雨林和橡胶林内降雨量的再分配

Table 1 Redistribution of precipitation in tropical monsoon forest and rubber plantation

林型 Forest type	降雨量 Precipitation		占降雨量 Precipitation (%)					
	mm	%	林冠截留量 Crow retention capacity	蒸发量 Evaporation capacity	地表径流量 Run off	土壤渗入量 Water of enter		凋落物层 保蓄量 Litter retention capacity
						坡地 Slope	梯地 Terrace	
季雨林 Monsoon forest	<20	29.8	23.1	22.0	3.9	41.7		9.3
	20—50	24.9	12.9	4.9	11.7	60.5		10.0
	>50	45.3	8.3	1.2	24.9	54.7		10.9
橡胶林 Rubber plantation	<20	29.8	11.1	25.6	4.3	49.3	56.2	2.8—9.7
	20—50	24.9	4.6	6.2	25.3	45.4	61.8	2.1—18.5
	>50	45.3	2.1	1.5	35.6	43.8	60.3	0.5—17.0

表 2 季雨林、橡胶林下土壤含水量的动态变化

Table 2 Dynamics of soil water content in monsoon forest and rubber plantation (%)

土层深度 Soil deep (cm)	橡胶林 Rubber plantation					季雨林 Monsoon forest				
	雨季 Rain	旱季 Dry season	不同降雨量下的土壤含水量 Soil water content in different rainfall			雨季 Rain season	旱季 Dry season	不同降雨量下的土壤含水量 Soil water content in different rainfall		
			<20 (mm)	20—50 (mm)	>50 (mm)			<20 (mm)	20—50 (mm)	>50 (mm)
10	9.3	7.6	8.6	9.3	15.7	9.6	7.9	9.6	10.5	16.4
30	10.4	9.4	6.4	7.6	10.9	10.9	9.3	7.3	8.9	12.3
50	13.4	12.0	9.6	12.3	13.5	13.1	11.5	9.8	12.8	12.5
70	14.4	13.3	11.6	12.8	13.4	14.1	12.8	12.4	13.0	14.0
90	15.5	14.6	12.6	14.7	14.6	15.6	13.9	13.1	14.4	15.4
120	16.0	14.9	14.7	14.6	16.8	16.4	14.3	16.2	15.7	17.9
150	16.4	15.9	14.3	16.3	17.5	17.3	16.9	17.7	20.0	18.6
平均 Average	13.9	13.2	11.8	13.1	14.9	14.5	13.1	13.1	14.4	15.6

2. 各种水型元素浓度的特点 不同水型元素浓度各具有自己的特点,元素总浓度的顺序是沟谷水>地下水>土壤渗漏水>地表径流>河水>透过水>雨水。其中在不同降雨量情况下,雨水、透过水、地表径流水中的元素总浓度都随降雨量的增加而降低,但当降雨量为20—50mm时,沟谷水、河水、地下水及季雨林土壤渗漏水中元素总浓度就出现最高值,而当降雨量>50mm时元素总浓度则出现最低值(表3)。橡胶林内元素浓度的特点是,当降雨量为20—50mm时,土壤渗漏水中以硅、铁、铝的浓度为最高,当降雨量<20mm时,则以钙、镁、钾、钠、磷的浓度为最高;各种水型中均以硅、钾、钙、钠、镁含量较高。造成这种差别的原因与林型、降雨性质及与土壤接触时间的长短有关联。例如,季雨林的凋落物层较橡胶林深厚,营养物质积累多,土壤渗漏水中元素浓度就较高。天然雨水经林冠到达地面后,由于溶解作用而提高了元素的浓度,特别是在形成径流过程中,水和土壤接触的时间较长,从而使沟谷水中的元素浓度达到了最高值。沟谷水汇入河流后,因流域

范围内林型和覆被差异所产生的混合作用,又使元素浓度得到一定程度的稀释^[7]。至于由雨水转化而成的地下水经过土壤过滤和溶解等作用,元素浓度便大幅度升高。

表 3 各种水型元素浓度的特征¹⁾

Table 3 Feature of elements concentration in several water type(ug/l.)

降雨量 Precipitation (mm)	雨水 Rain	季 雨 林 Monsoon forest			橡胶林 Rubber plantation	沟谷水 Hill ditch water	河 水 River water	井 水 Well water
		透过水 Throughfall	地表径流 Run off	40cm处土壤渗水 Soil seepage water of 40 cm				
<20	5.84	21.38	72.23	35.72	22.88	45.75	24.20	36.92
20—50	4.45	16.78	30.18	36.83	33.43	48.90	34.47	46.23
>50	3.65	12.01	21.04	26.24	20.54	34.32	22.66	41.95
平均 Average	4.58	17.40	28.19	32.93	25.60	41.79	27.85	41.11

1)为 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 MnO 、 K_2O 、 Na_2O 、 P_2O_5 9种元素50次测定值的加权平均值
This is weighted average of 50 times measure of a elements

三、降水对热带季雨林、橡胶林土壤生态系统元素迁移的影响

降水对热带季雨林、橡胶林土壤生态系统元素迁移的影响是一个十分复杂的问题,归纳起来主要有如下三个方面:

1. 制约了季雨林与橡胶林凋落物的分解速率 在热带高温高湿条件下,季雨林与橡胶林凋落物的积累快,分解也快。一般说来,凋落物分解速率随着时间的推移而越来越低(图2)。在最初的90天分解最快,90—180天次之,180天以后渐趋缓慢^[6]。但季雨林凋落物比橡胶林分解快,在分解90、180、270和360天后,季雨林中腐解残留率分别比橡胶林中的要低2—13%、3—6%、2—4%和1—4%。且凋落物的分解以雨热同季的5—10月最快,2月15日(旱季)埋放的凋落物,分解90、180、270和360天后,季雨林中凋落物的腐解残留率分别为69.0%、46.0%、39.0%和37.0%,而橡胶林中分别为82.0%、52.0%、43.0%和41.0%;在5月15日(雨季)埋放的凋落物,季雨林中分别为52.0%、40.0%、36.0%和33.0%,而橡胶林中分别为52.0%、43.0%、38.0%和34.0%。这是由于季雨林内土

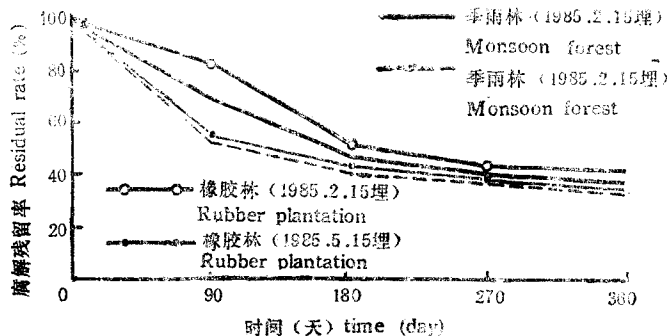


图 2 凋落物的分解速率

Fig. 2 Decomposition rate of litter

壤水分状况及其与气温的组合胜于橡胶林内以及土壤动物数量较为丰富所致。

2. 调节了森林土壤间元素的交换 首先从热带季雨林叶片及表土元素的组成来看, 9种元素的含量以硅最高, 钙、氮、镁、钾次之, 其它元素含量最低, 而且旱季和雨季含量存在差异。从鲜叶转化成凋落叶元素的变化以硅、铝、钙较为突出。植物吸收元素的数量以氮、钙最大, 磷、锰、镁次之, 其它元素最小, 这是由于氮是生长活性物质, 钙在水分丰沛的雨季处于活化状态便于植物吸收之故。同时元素从鲜叶到凋落叶到表土的转化过程中, 鲜叶相对吸收量较大的氮、钙、磷趋向于明显的分解、淋失, 而相对吸收量较少的硅、铁、铝则在土壤中相对积累(表4)。这些作用在雨季进行要比旱季快, 说明降水对元素循环的速率起着重要的制约作用。

表4 热带季雨林的叶片化学成分(%)及生物吸收系数(K_x)
Table 4 Chemical composition % of leaf blade of tropical monsoon forest and its biological resorb coefficity

项目 Item		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	N
旱季 Dry season	鲜叶 Fresh leaf(1)	5.99	0.094	1.10	0.70	0.69	0.058	1.23	0.04	0.19	1.59
	凋落叶 Litter(2)	8.48	0.038	0.43	1.44	0.89	0.088	0.73	0.06	0.12	1.11
	表土 Topsoil(3)	78.25	0.97	10.67	0.29	0.91	0.061	2.97	0.30	0.07	0.18
	$K_x = (1)/(3)$	0.08	0.10	0.10	2.41	0.76	0.95	0.41	0.13	2.69	8.83
	$K_x = (2)/(3)$	0.11	0.04	0.04	4.97	0.98	1.44	0.25	0.20	1.64	6.17
雨季 Rain season	鲜叶 Fresh leaf(1)	4.54	0.043	0.19	1.43	1.28	0.084	1.55	0.07	0.18	1.58
	凋落叶 Litter(2)	5.25	0.031	0.24	1.76	0.68	0.074	0.47	0.04	0.10	1.27
	表土 Topsoil(3)	76.16	1.20	11.89	0.37	0.50	0.059	2.99	0.29	0.062	0.16
	$K_x = (1)/(3)$	0.06	0.04	0.02	20.43	2.56	1.42	0.52	0.24	2.94	9.88
	$K_x = (2)/(3)$	0.07	0.03	0.02	25.14	1.36	1.25	0.16	0.14	1.61	7.94

其次从凋落物的归还状况来看: 9种元素归还总量每月为 184.4kg/ha, 其中以硅最多, 钙、氮、镁、钾次之, 其它元素较少; 就季节归还而言, 旱季归还量比雨季大, 并以硅归还较多, 雨季以钙、氮归还较多(表5)。除与季雨林本身的生物学特性有关外, 另一方面, 与季节性降雨量和降雨强度引起的土壤水分移动状况及元素的迁移、累积是分不开的。

表5 热带季雨林的元素归还量
Table 5 Elements turnover of tropical monsoon forest (unit: kg/ha · month)

季 节 Season	凋落物干重(平均) Dry weight of litter	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	N	合 计 Total
旱季 Dry Season	708(18) ¹⁾	60.0	0.27	3.04	10.2	6.3	0.62	5.2	0.43	0.84	7.9	94.8
雨季 Rain Season	903(18)	47.4	0.28	2.17	15.9	6.1	0.70	4.3	0.36	0.90	11.5	89.6

1) 为 18 个月的平均值 It is average of 18 months

3. 决定了土壤元素迁移的某些特点

(1) 地表迁移是元素迁移的主要形式 热带季雨林和橡胶林土壤生态系统中元素的迁移按雨强和承载体的不同,可分为地表迁移、土层迁移和混合迁移三种类型;土层迁移主要见于降雨条件下的土壤渗漏水,地表迁移多发生在降雨量>20mm时季雨林及坡地橡胶林的地表径流,而混合迁移则发生于降雨量>50mm时的沟谷水和河水。在这3种元素迁移形式中,地表迁移约占总迁移量的51.7—59.3%,土层和混合迁移占40.7—48.3%,且随降雨量和元素迁移量增加(表7)。其中以钾、钠、钙、镁迁移量最大(表6)。

表6 元素的水迁移系数¹⁾

Table 6 Water migration coefficient of elements (K_x)

项目 Item 类型 Type 雨量 Rain- fall (mm)		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
		地表径流水 Run off	<20 20—50 >50 平均	0.46 0.25 0.27 0.37	0.12 0.09 0.35 0.22	0.007 0.002 0.013 0.010	11.90 16.10 15.31 15.86	5.08 14.61 13.77 12.00	2.77 3.38 2.09 2.63	9.89 12.93 8.71 10.22
橡胶林土壤渗漏水 Rubber plantation seepage water	<20 20—50 >50 平均	0.37 0.39 0.45 0.41	0.58 0.68 1.20 0.79	0.023 0.055 0.118 0.060	6.98 8.33 6.31 7.39	27.90 23.70 20.72 24.14	2.19 4.39 5.38 3.98	10.78 10.39 9.81 10.51	3.48 2.63 2.92 2.96	1.04 2.28 2.70 2.02
季雨林土壤渗漏水 Monsoon forest seepage water	<20 20—50 >50 平均	0.32 0.49 0.56 0.45	0.71 0.81 0.72 0.75	0.042 0.101 0.057 0.070	4.79 3.77 3.91 4.18	15.65 14.69 14.85 15.11	1.29 3.26 4.95 2.98	14.71 12.30 10.56 12.71	2.77 1.77 2.21 2.25	2.02 1.92 0.96 1.70
沟谷水 Hill ditch water	<20 20—50 >50 平均	0.90 0.90 0.94 0.87	0.07 0.02 0.05 0.05	0.001 0.002 0.006 0.003	0.74 0.69 1.33 0.93	3.47 3.99 3.89 3.74	0.04 0.78 1.57 0.77	2.36 2.54 2.99 2.62	7.01 6.75 5.00 6.27	0.86 0.69 0.39 0.66
河水 River water	<20 20—50 >50 平均	0.94 0.91 0.87 0.91	0.19 0.19 0.23 0.20	0.003 0.007 0.014 0.008	1.06 1.13 2.80 1.60	4.45 4.09 5.21 4.42	0.16 2.67 0.35 1.44	1.68 2.57 2.03 2.20	6.39 6.07 6.69 6.30	1.19 0.90 0.56 0.90
井水 Well water	<20 20—50 >50 平均	0.80 0.73 0.49 0.70	0.18 0.05 0.05 0.10	0.007 0.026 0 0.004	3.52 3.83 3.38 3.21	6.46 8.65 10.39 8.23	0.60 1.25 1.62 1.07	3.28 3.31 7.32 4.28	6.83 7.67 8.67 7.59	0.80 0.77 0.65 0.76

1) $K_x = \frac{m_x \cdot 100}{a \cdot n_x}$ 式中: m_x 是 x 元素在水中的含量(mg/L) m_x is content of x element in water; n_x 是 x 元素在岩石中的含量 n_x is content of x element in rock(%); a 是水的矿质残渣 a is mineral survivals of water(mg/L); K_x 是 x 元素的水迁移系数 K_x is water migration coefficient of x element

(2) 脱盐基和富铁、铝是元素迁移的重要特征 热带季雨林、橡胶林土壤生态系统中的元素迁移序列,一般以钾、钠、钙、镁居前,锰、磷居中,硅、铁、铝居后,反映钾、钠、钙、镁迁移力强,硅、铁、铝的迁移力弱。不同水型元素迁移力一般以地表径流和土壤渗漏水较大,沟谷水、河水、井水则相对较小。各元素的迁移力与透过水量大小有密切关系;硅、铁、铝一般以透过水量 $>50\text{mm}$ 时迁移力最强,而钙、镁、钾在透过水量 $<50\text{mm}$ 时即发生迁移,锰、钠一般以中到大雨时迁移力最强,磷则随降雨量增加迁移力增强(表6)。总之,在热带丰沛降水条件下,土壤脱盐基和富铁、铝作用的进行是热带森林土壤系统中元素迁移的主要特征。而该系统所表现出来的元素迁移多样性和复杂性除元素本身的特性外,主要是由降雨性质以及物体与水分接触时间长短所决定的。

表7 热带季雨林、橡胶林土壤体系中元素迁移量

Table 7 Element migration capacity of tropical monsoon forest and rubber plantation-soil system

项 目 Item		透 过 水 Throughfall water		总迁移量 Total migraton (kg/ha)	地 表 迁 移 Surface migration			100cm 处土层迁移 Migration of 100cm soil layer		
		mm	输入元素 Enter elements (kg/ha)		径流量 Run off (mm)	元素浓度 Element concent- ration (ppm)	迁移量 Migrati- on capa- city (kg/ha)	流失量 Loss (mm)	元素浓度 Element co- ncentration (ppm)	迁移量 Migrate capacity (kg/ha)
季 雨 林 Monsoon forest	<20	596.0	127.4	26.5	24.6	72.2	17.8	24.6	35.7	8.7
	20—50	498.0	83.6	37.4	63.5	30.2	19.2	49.4	36.8	18.2
	>50	906.0	108.8	83.4	239.0	21.0	50.3	126.0	26.2	33.1
	合计	200.0	319.8	147.3	327.1		87.3	200.0		60.0
橡 胶 林 Rubber plantation	<20	641.0	37.4	14.3	27.0	30.3	8.2	26.6	22.9	6.1
	20—50	535.0	23.8	34.7	137.0	12.5	17.1	52.7	33.4	17.6
	>50	975.0	35.6	61.4	342.0	9.3	31.8	144.0	20.5	29.6
	合计	2151.0	96.8	110.4	506.0		57.1	223.3		53.3

(3) 养分丰缺是元素迁移的结果 热带季雨林内透过水输入的元素总量(上述9种元素之和)($319.8\text{kg/ha}\cdot\text{yr}$)与元素迁移总量($147.3\text{kg/ha}\cdot\text{yr}$)都大于橡胶林(分别为 96.8 和 $110.4\text{kg/ha}\cdot\text{yr}$),也就是说,季雨林每年每公顷盈余的营养元素有 172.5kg ,而橡胶林还亏损 13.6kg (表7)。季雨林中盈余元素以硅为主,钾、钠、钙、镁次之,铁、铝甚微。

四、元素迁移流程图和预测方程

根据3年中收集的1000个不同类型水样9种元素的测定结果,作出了降水与元素迁移关系流程图(图3)。

从图3和表3、6、7可以看出以下几点:从高处向低处迁移元素的浓度越来越高,其中以硅、钾、钠、钙、镁的最高;元素迁移的途径以地表迁移为主,但不同元素存在差异;迁移量以钾、钠、钙、镁较大,硅、铁、铝最小;不同降雨量和降雨间隔决定各类型水中元素浓度;地面凋落物和流域的稀释作用对表层渗漏水 and 河水中元素浓度影响很大。

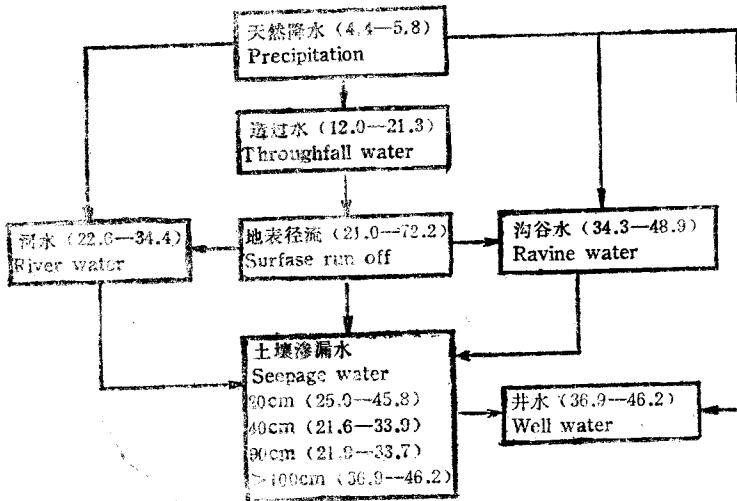


图3 元素迁移流程图

Fig.3 Map of element migration

降水与各类型水的元素浓度及迁移能力之间的关系, 可以用数学方程式来表达并进行预测。根据多元线性回归法对不同降雨量与各类型水的元素含量的计算结果(表8), 其 F 值(F 比)和 r 值(复相关系数)均以 20—50mm 降水条件下混合迁移系列(地表径流水、土壤渗漏水、井水)和地表迁移系列(降水、地表径流水、沟谷水、河水)以及 <20mm 降水条件下地表迁移系列的数值较大, 说明它们间的相关性较好, 线性关系密切, 可以用此方程来进行预测。反之, 在降雨量 >50mm 条件下的地表迁移系列、混合迁移系列以及 <20mm 降雨条件下的混合迁移系列中 F 值和 r 值较小, 线性关系不密切, 不宜用以进行预测。

五、结 论

1. 我国海南岛吊罗山区具有降雨量大、降雨频繁和干湿季分明等气候特征。因而热带季雨林和橡胶林内降雨量与土壤含水量成正比, 与水中元素浓度成反比。各类型水中 9 种元素总浓度的排序为: 沟谷水 > 井水 > 土壤渗漏水 > 地表径流水 > 河水 > 透过水 > 降水。各种元素的排序是硅居前, 钾、钠、钙、镁居中, 磷、锰、铁、铝居后。表层渗漏水及河水中元素浓度的不规则变化受凋落物层厚度和流域混合作用的影响。

2. 降雨加速凋落物分解和养分释放, 促进物质循环和交换, 在分解的最初 90 天, 雨季比旱季分解速率快 16.6—28.8%。元素归还总量旱季较雨季多。各元素的归还以硅较多, 钙、氮、镁、钾次之, 但雨季归还较多的是钙和氮, 旱季归还较多的是硅。

3. 受降水制约的元素迁移可分为地表迁移、土层迁移和混合迁移 3 种类型。但以地表迁移为主, 约占总迁移量的 51.7—59.3%; 脱盐基和铁铝富集是元素迁移的主要特征; 养分盈亏是元素迁移的结果, 季雨林每年积累 172.5kg, 橡胶林则亏损 13.6kg。元素迁移最集中的时间是降雨量和降雨强度叠加的 8—10 月。

4. 降雨与各类型水中元素浓度的关系可用方程式表达并进行预测, 其中以 20—50 mm 降雨的地表迁移系列、混合迁移系列和 <20mm 降雨的地表迁移系列预测精度较

表8 元素迁移的预测方程 ($n=12$ $F_{0.05}=3.71$)
 Table 8 Predict equation of elements migration ($M=3$ $r_{0.05}=0.576$)

元素名称 Elements name	降水 Precipitation (<20mm)	降水 Precipitation (20—50mm)	
	地表迁移系列预测方程(y :降水; x_1 :地表径流; x_2 :沟谷水; x_3 : 河水) Predict equation of surface mi- gration (y : precipitation; x_1 : run off; x_2 : hill ditch water; x_3 : river water)	混合迁移系列预测方程(y :降水; x_1 :地表径流; x_2 :土壤渗漏水; x_3 :井水) Predict equation of mix migra- tion (y : precipitation; x_1 : run off; x_2 : soil seepage; x_3 : well water)	地表迁移系列预测方程(y :降水; x_1 :地表径流; x_2 :沟谷水; x_3 : 河水) Predict equation of surface mi- gration (y : precipitation; x_1 : run off; x_2 : hill ditch water; x_3 : river water)
总量 Total	$y = -3.88 + 0.17x_1 - 0.005x_2$ $+ 0.16x_3$ $F = 4.86$ $r = 0.926$	$y = 22.20 - 0.31x_1 - 0.60x_2$ $+ 0.87x_3$ $F = 13.58$ $r = 0.976$	
SiO ₂	$y = 15.58 - 0.14x_1 + 0.23x_2$ $- 0.29x_3$ $F = 4.75$ $r = 0.967$	$y = 32.34 + 0.36x_1 - 0.24x_2$ $- 0.25x_3$ $F = 22.40$ $r = 0.993$	$y = 46.22 - 0.08x_1 - 0.50x_2$ $- 0.40x_3$ $F = 6.18$ $r = 0.974$
CaO	$y = 14.57 + 0.06x_1 - 0.37x_2$ $- 0.29x_3$ $F = 13.75$ $r = 0.988$	$y = 45.09 + 0.26x_1 - 6.08x_2$ $+ 0.96x_3$ $F = 20.17$ $r = 0.992$	$y = 26.26 + 0.16x_1 - 0.25x_2$ $+ 2.10x_3$ $F = 15.17$ $r = 0.989$
MgO	$y = 13.92 + 2.49x_1 - 3.66x_2$ $- 0.01x_3$ $F = 18.02$ $r = 0.991$	$y = 37.24 + 0.24x_1 - 6.09x_2$ $+ 2.77x_3$ $F = 32.63$ $r = 0.995$	$y = 46.22 + 0.70x_1 - 10.44x_2$ $- 1.34x_3$ $F = 37.50$ $r = 0.996$
K ₂ O	$y = 15.20 + 0.04x_1 - 0.21x_2$ $- 0.10x_3$ $F = 11.36$ $r = 0.986$	$y = 24.66 + 0.47x_1 - 0.14x_2$ $+ 0.37x_3$ $F = 9.96$ $r = 0.984$	$y = 41.36 + 1.15x_1 - 2.94x_2$ $- 0.44x_3$ $F = 13.82$ $r = 0.988$
Na ₂ O	$y = -2.21 + 0.43x_1 + 0.72x_2$ $+ 1.05x_3$ $F = 11.89$ $r = 0.986$	$y = 35.26 + 0.29x_1 - 0.87x_2$ $- 0.28x_3$ $F = 8.55$ $r = 0.981$	$y = 45.10 + 0.08x_1 - 1.31x_2$ $- 1.40x_3$ $F = 67.40$ $r = 0.998$
P ₂ O ₅	$y = 10.26 + 22.68x_1 - 14.95x_2$ $+ 17.69x_3$ $F = 11.98$ $r = 0.986$	$y = 25.78 + 0.46x_1 - 8.07x_2$ $+ 35.63x_3$ $F = 11.21$ $r = 1.000$	$y = 42.35 + 0.51x_1 - 110.9x_2$ $+ 5.14x_3$ $F = 17.64$ $r = 0.991$

高。

5. 在种植热带作物和林木时,应采取修筑梯坝、适当密植、合理间作等保护措施,否则,营养元素淋失和土壤肥力下降将是不可避免的。

参 考 文 献

- [1] 马雪华等,1989: 在杉木林和马尾松林中雨水的养分淋溶作用,生态学报,9(1)。
- [2] 卢俊培等,1989: 海南岛尖峰岭热带林凋落叶分解过程的研究,林业科学研究,2(1)。
- [3] 卢俊培等,1981: 海南岛尖峰岭半落叶季雨林“刀耕火种”生态后果的初步观测,植物生态学与地植物学学报,5(4)。
- [4] 许光辉等,1982: 森林枯枝落叶分解过程的微生物学特性,生态学报,2(1)。
- [5] 何园球等,1988: 我国热带亚热带森林土壤的水热动态,土壤,20(5)。
- [6] 赵其国等,1991: 我国热带亚热带森林凋落物及其对土壤的影响,土壤,22(1)。
- [7] 英 S.T. 特鲁吉尔著(赵磊译),1985: 土壤植被系统,科学出版社。

EFFECT OF PRECIPITATION ON CHEMICAL ELEMENT MIGRATION IN SOIL OF TROPICAL MONSOON FOREST AND RUBBER PLANTATION

He Yuan-qiu Wang Ming-zhu Zhao Qi-guo

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, Chian*)

Abstract

The paper studies the effect of precipitation on litter decomposition and migration of several chemicals.

1. Diao luo montain in Hannan island is characterized by larger precipitation. Therefore, precipitation is directly proportional to leak water and soil moisture content but in inverse proportion to element concentration in tropical monsoon forest and rubber plantation. The overall concentration of all 9 elements concentration in water is in the order of ditch water > Well Water > soil seepage water > run off > river water > leak water percipitation. The concentration of each element in all water is in the order of SiO_2 , K_2O , Na_2O , CaO , MgO and P_2O_5 , MnO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 .

2. Precipitation accelerates the litter decomposition and the element release and promotes material cycle and exchange. Decomposition of leaf litter in rain season is 16.6—28.8% faster than that in dry season in the early ninety days. Total element return capacity in dry season is more that in rain season. Return of SiO_2 is much more that CaO , N , MgO and K_2O . But return of CaO , N is more in rain season, return of SiO_2 is more in dry season.

3. Elements migration restricted by precipitation may be attributed to three aspects, i. e. ground migration, soil migration and mixed migration. Ground migration takes up to 51.7—59.3 percent of the total migration capacity; decreasing and enrichment of Fe and Al is the main feature of element magration; enrichment and lack of nutrient is the results of element migration. Monsoon forest accumulates 172.5kg/ha · yr, rubber plantation lacks 13.6kg/ha · yr. In addition, the bulk of element migration is occurred from August to October when the precipitation and it's intensity are both high.

4. Element concentration of precipitation and all kinds of water may be expressed and predicted by equation.

5. In planting of tropical economic crops and tree, protected measures must be taken such as building terrace, suitable close planting and reasonable intercropping and so on. Otherwise, nutrient element leach and soil fertility reduction would not be avoided.

Key words monsoon forest; rubber plantation; Element migration.