

四种不同母质发育的红壤水分状况研究

李成亮 何园球 熊又升 杨芳

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘要 在相同的地形和气候条件下,研究了我国东南部地区红砂岩、花岗岩、玄武岩和第四纪红粘土发育的4种典型红壤水分状况及其透水性能。结果表明,4种红壤的持水和透水性能存在不同程度差异,其原因是不同成土母质的土壤机械组成、土壤结构的变化造成的。除玄武岩和红砂岩发育红壤的某些层外,其他土壤各层的土壤渗漏量不随时间变化而变化。4种土壤含水量的年动态变化一般可划分为3个时期:土壤湿润期、土壤水分耗竭期和土壤水分恢复期,但不同年份的时间划分也不尽相同。

关键词 红壤;成土母质;水分状况;透水性能

中图分类号 S152.7

我国东南部是红壤分布的主要地区,位于中亚热带,属于湿润季风气候,水热条件优越。然而,该地区受东南季风影响,降雨分布不均,年际变化亦不稳定,伏旱、秋旱和伏秋连旱频繁发生^[1],严重影响了农作物的生长,因而土壤水分成为本区农业可持续发展的主要限制因素之一。虽然有些学者对该地区部分土壤的水分状况及其性质进行了研究,并获得了不少有益的结果^[2~7],但这些研究多局限于一种或两种土壤,没有考虑气候、地形的差异。土壤母质和气候等成土因子往往是造成几种土壤交叉分布和土壤水分特性差异的重要因素。本文分析了南方红壤区4种代表性红壤水分性质差异及其与成土母质的关系,为合理地调整农业种植结构等方面提供科学的依据。

1 材料与方法

1.1 试验区基本状况

试验是在中国科学院红壤生态实验站内进行,该站位于东经 116°41′~117°01′,北纬 28°04′~28°37′;年均温度为 16.1~18.9, 10 积温为 5527.6,无霜期为 240~300 天,年均日照时数 1809.5 h,年均降雨量为 1754 mm,年均蒸发量为 1348.4 mm。

1.2 供试土壤及其理化性质

从南方红壤区采集4种不同母质发育的具有代表性原状土壤分别是:江西省余江县红砂岩发育的

红壤(代号S),江西省南昌市花岗岩发育的红壤(代号G),广东省湛江市玄武岩发育的红壤(代号B)和江西省鹰潭红壤生态站第四纪红粘土发育的红壤(代号Q)。用直径80cm高135cm玻璃钢圆桶固定,每种土壤3次重复,共12个土柱。这些土柱被固定在地下室的水泥墩上,使其表面与地下室顶的覆土相平,玻璃钢圆桶高出土壤表面15cm,与周围土壤隔离。供试土壤的基本理化性质见表1。

1.3 实验设计

根据4种红壤剖面发生层分异的一般特点,统一将土壤剖面划分3个层次:0~20cm表土层,20~60cm心土层,60~100cm底土层。在每一层底部安装负压计,用以观测土柱内水分变化,隔日由人工记录土壤基质势。同时在每一层底部也安装面积为20cm×20cm的塑料渗漏盘,收集土壤渗漏水,并用量筒测定并计算该层的土壤渗漏量。水分特征曲线是采用原状土,用压力膜法测定。土壤水分含量是利用土壤基质势通过土壤水分特征曲线计算所得,试验从1989年9月1日开始。

2 结果与分析

2.1 土壤水分特征

根据红砂岩、花岗岩、玄武岩和第四纪红粘土4种成土母质发育的红壤在0~100KPa基质吸力范围内的土壤含水量与土水势的关系,绘制出水分特征曲线(图1)。

表 1 排水采集器中供试土壤的基本理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of soil samples used

土壤	有机质 (g/kg)	土壤容重 (g/cm ³)	pH (水提 1:2.5)	CEC (cmol/kg)	机械组成 (g/kg)				
					2 ~ 0.2 mm	0.2 ~ 0.02 mm	0.02 ~ 0.002 mm	< 0.002 mm	
S	S1	4.4	1.01	4.91	5.28	3.8	52.1	18.1	26.0
	S2	3.1	1.25	5.04	5.86	3.1	46.5	18.2	32.2
	S3	2.5	1.35	4.82	7.23	2.7	46.7	15.8	34.8
G	G1	9.6	1.43	4.90	5.84	18.2	44.8	27.3	9.7
	G2	4.3	1.49	4.83	7.07	21.3	41.1	23.3	13.8
	G3	3.4	1.51	4.77	8.60	23.6	37.4	24.7	14.3
B	B1	32.5	1.25	5.56	7.99	3.2	15.4	23.0	58.2
	B2	12.6	1.48	5.68	7.39	2.8	12.1	21.0	63.0
	B3	9.7	1.52	5.66	7.37	2.2	13.2	21.2	63.4
Q	Q1	14	1.51	5.08	11.12	4.6	28.7	21.9	44.8
	Q2	5.8	1.59	5.62	12.90	2.7	23.4	23.2	50.7
	Q3	4.2	1.62	5.70	19.76	2.5	16.9	28.7	51.9

注：字母后的 1, 2, 3 分别代表表土层、心土层和底土层。本表摘自薛世逵博士论文(中国科学院南京土壤研究所), 1990。

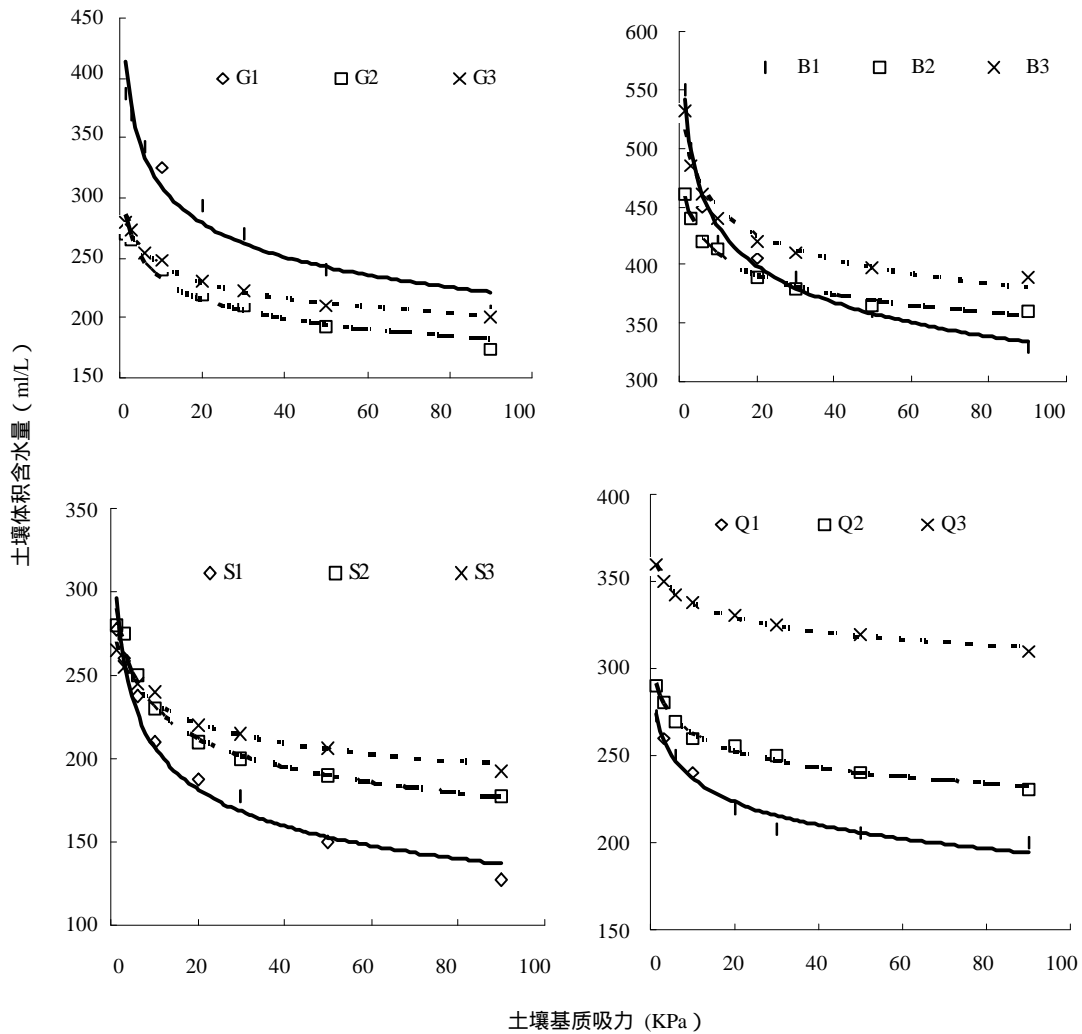


图 1 4 种土壤的水分特征曲线

Fig. 1 Characteristic curves of the moisture regimes of the four soils

图 1 结果显示, 4 种土壤 3 个层次的饱和含水量存在不同程度差异, 玄武岩发育的红壤层的饱和含水量达到 450 ~ 550 ml/L, 红砂岩发育红壤为 280 ml/L 左右; 而第四纪红粘土发育的红壤底土层和花岗岩发育的红壤表层的达到 400 ml/L 左右, 显著高于其他两层的土壤饱和含水量。

已有研究结果表明, 在南方红壤区以 30 KPa 作为有效水的上限较为合理^[8]。以 30 KPa 基质吸力的土壤含水量作为田间持水量, 4 种土壤各层田间持水量相比, 玄武岩发育的红壤各层最高, 红砂岩发育红壤各层最低, 而第四纪红粘土发育的红壤母质层和花岗岩发育的红壤表层相对较高, 显著高于其他两层的田间持水量 (图 1)。在 4 种土壤中相同土壤的各层田间持水量与其饱和含水量相比, 红砂岩发育的红壤差异较大, 花岗岩发育的红壤差异较小, 而其他两种土壤基本未变。

在自然状态下, 若以 30 KPa 土壤吸力的含水量作为田间持水量, 那么 < 30 KPa 土壤基质吸力的土壤水分将在重力作用下迅速排出, 实际上, 饱和含水量至田间持水量 (吸力范围 0 ~ 30 KPa) 范围内的土壤孔隙通常为通气孔隙。从表 2 中可以看出, 4 种母质发育土壤的通气空隙度基本随层次深度的增

表 2 4 种土壤的土壤通气空隙度

Table 2 Air porosity of the four soils

处 理	不同吸力下的土壤体积含水量 (ml/L)		通气空隙度 (%)
	0 kPa	30 kPa	
S1	31	17.8	13.2
S2	30	20	10
S3	30	21.5	8.5
B1	63	39	24
B2	52.5	38	14.5
B3	58	41	17
G1	42	27	15
G2	30.5	21	9.5
G3	31	22.3	8.7
Q1	30.8	20.8	10
Q2	32	25	7
Q3	39	32.5	6.5

注: 字母后数字同表 1。

加而降低。玄武岩发育土壤各层的通气空隙度最高, 其次是花岗岩和红砂岩发育的土壤, 最小的是第四纪红粘土发育的土壤。王焕之等人^[9]的研究结果与之类似, 即 3 种不同母质发育土壤在不同利用方式下水分特征的变化主要集中在土壤通气空隙的

改变。

2.2 土壤水的渗漏量

从近 7 年的观测资料中, 随机选用 1990、1992 和 2001 年这 3 年的资料, 用较大的 3 ~ 8 月各种土壤水渗漏量与时间作图 (因为 1 年中其他月份的土壤水渗漏量较小) (图 2)。该图结果表明, 4 种土壤 20 cm 土层中, 1990 年和 1992 年的渗漏量变化最大的是花岗岩和第四纪红粘土发育的红壤, 其次是红砂岩发育的红壤, 最小的是玄武岩发育的红壤。但 2001 年红砂岩发育的红壤最大, 其余土壤水渗漏量的变化不大; 在 60 cm 土层中, 这 3 年各种土壤渗漏量的大小顺序未发生改变, 与 20 cm 土层 1992 年相同。1990 和 1992 年 4 种土壤在 100 cm 土层的年渗漏总量为: 红砂岩发育的红壤 > 第四纪红粘土发育的红壤 > 花岗岩发育的红壤 > 玄武岩发育的红壤, 但 2001 年第四纪红粘土发育的红壤的渗漏量为最大, 其他土壤渗漏量大小依次不变。

4 种土壤各层次渗漏规律不同年份的比较, 玄武岩和花岗岩发育的红壤各层次渗漏规律在 10 年中没有变化, 始终是随土层深度的增加而降低, 但在 2001 年, 玄武岩发育的红壤表土层与心土层渗漏量之差明显高于其余两年份。第四纪红粘土发育的红壤各层次渗漏规律也没有随时间的改变而改变, 依然是表土层土壤的渗漏量显著高于下两层的渗漏量, 且下两层的渗漏量相近。红砂岩发育的红壤各层次渗漏规律发生了变化, 在 1990 年和 1992 年, 底土层的渗漏量显著高于上覆两层的渗漏量, 而在 2001 年, 表土层的渗漏量增加, 显著高于下垫两层的渗漏量。造成 4 种土壤各层次渗漏规律的原因:

可能是上层的细小颗粒随水迁移到下层并淀积, 随着时间的延长造成这些层的空隙度逐渐降低, 加重了土壤质地, 促进了土壤水分移动程度, 最终导致渗漏量的差异; 可能是 4 ~ 8 月份降雨量之和的差异造成的, 1990 年和 1992 年 4 ~ 8 月份降雨量之和分别为 1468.3、1648.6 mm, 而 2001 年为 853.9 mm。

降水是 4 种土壤的唯一水分来源, 降水量是土壤水渗漏产生的决定因素。不同土壤的各个层次渗漏产生的时间通常是在每年降水集中的 4 ~ 6 月份, 但因年内降水状况不同, 渗漏量的大小和集中产生的时段也不一致。

2.3 土壤的水分状况

在试验期间, 不同成土母质发育的红壤的水分

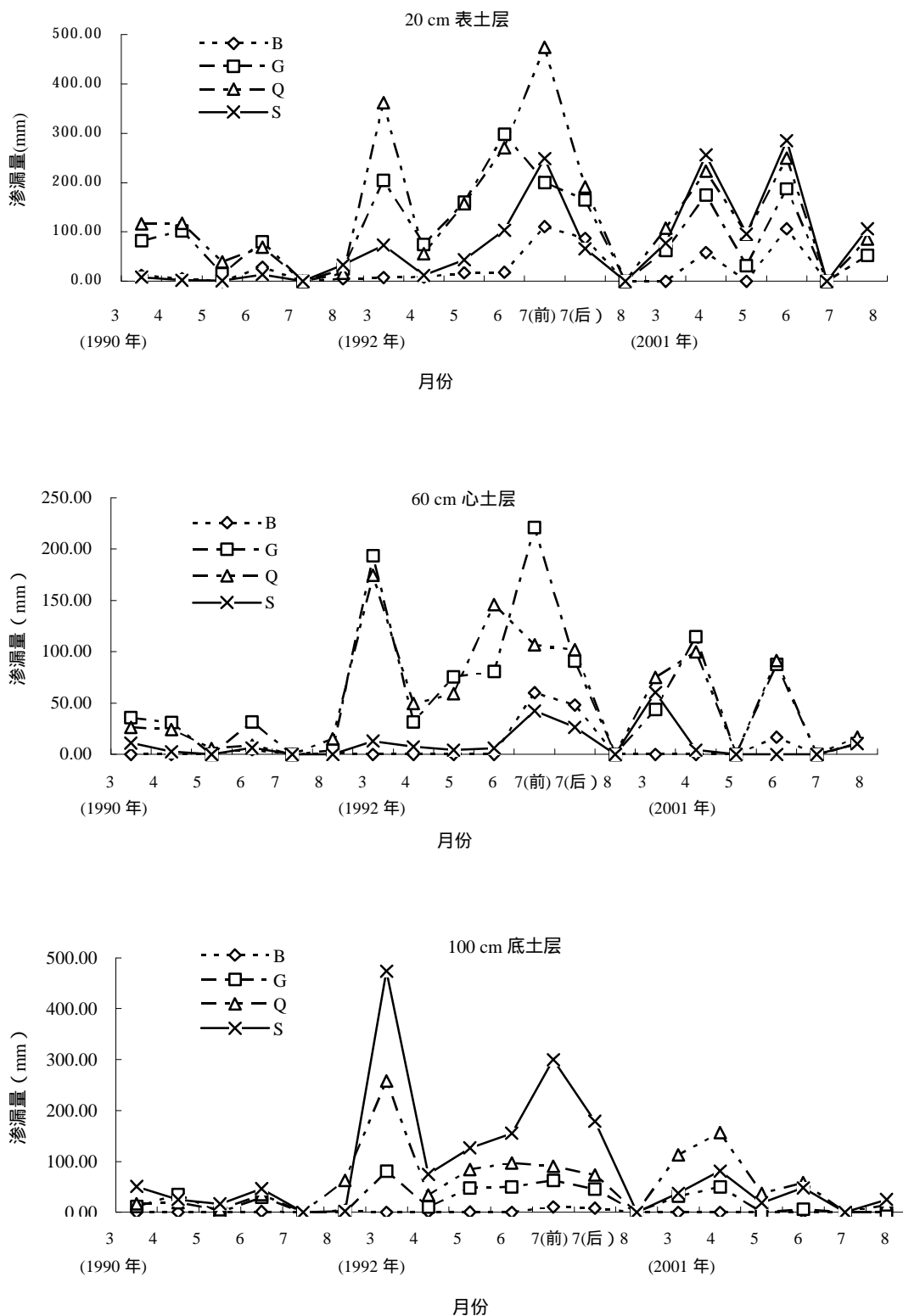


图 2 不同年度 4 种土壤 3 个层次的渗漏量变化

Fig. 2 Changes in seepage at three levels in the four soils in different years

动态变化都是以年度为周期。以 1990 年的数据为例, 根据 4 种土壤不同层次含水量的动态变化可划分为 3 个时期: 土壤湿润期、土壤水分耗竭期和土壤水分恢复期(图 3)。2 月初至 6 月中旬和 10 月上旬到 12 月底为该年的土壤湿润期。2 月初至 6 月中旬是该地区的雨季, 大气蒸发力小, 降水量大, 土体接纳了大量的水分, 土壤含水量迅速提高, 深层土壤含水量也达到田间持水量, 多余的水分通过深层渗漏迁移损失, 整个土壤的水分通量较大。从 10 月上旬到 12 月底, 虽然降水量较少, 但经过土壤水分恢复期土壤含水量也达到了田间持水量。在土壤湿润期, 大气蒸发力较小, 只能影响表层土壤含水量, 但影响幅度不大, 对下两层土壤含水量基本没有影响。6 月中旬至 8 月底是土壤水分耗竭期, 大气蒸发力大, 降水较少, 表层土壤含水量迅速下降, 下层土壤含水量也逐渐降低, 且随深度增加土壤含水量降低的速度也减缓, 至该时期末, 各土层含水量达到最低。9 月初至 10 月初是土壤水分恢复期, 气温降低, 大气蒸发力减弱, 土壤水分消耗量下降, 降水量大于消耗量, 对土壤水分有补给作用, 土壤水分含量迅速提高。不同年份的降水和大气蒸发力变异较大, 各时段的划分也有所不同, 不同的研究者对其划分标准也不同^[6,7]。

从土壤剖面含水性质来看, 在土壤湿润期, 玄武岩和第四纪红粘土发育的红壤含水量随土壤深度的增加而升高, 而花岗岩发育红壤的顺序则不同; 在土壤水分耗竭期和土壤水分恢复期, 上述 3 种土壤各层土壤含水量存在一定的交错; 红砂岩发育的红壤含水量是 60 cm 土层最高, 表层土壤的最低, 不同成土母质发育土壤的机械组成与上述土壤含水量和深度的规律相同, 说明在统一基质吸力下土壤含水量与土壤粘粒、粉粒含量呈正相关关系^[10]。4 种土壤相比, 花岗岩发育的红壤含水量的变化幅度最大, 其次是玄武岩发育的红壤, 最小的是第四纪红粘土发育的红壤, 这与各种土壤的结构、孔隙状况及其分布有关。

3 讨论

土壤持水性能主要与土壤结构、机械组成和有机质含量有关。通常认为, 在低吸力阶段土壤持水量主要取决于土壤的结构, 而在高吸力阶段, 土壤持水量则取决于土壤的质地^[11,12]。4 种土壤的持水性能相比, 玄武岩发育的红壤持水性最强, 是由于

该土壤机械组成以粘粒为主, 有机质含量高, 且二者含量较其他 3 种土壤高, 说明在土壤中形成粘粒有机质复合体, 改善了土壤结构, 增强了对土壤水分的吸持作用; 而红砂岩发育的红壤持水性最差, 其机械组成以粗砂粒为主, 有机质含量最低, 形成的土壤结构较差, 对水分的吸附作用较弱; 花岗岩发育的红壤表层持水性能显著高于底层, 主要是由于表层细砂粒含量和有机质含量均高于其余两层, 土壤有机质含量越高对土壤结构的改良作用越好, 进而改善了土壤的持水性能^[13,14]; 第四纪红粘土母质层持水性能好于上覆两层, 是因为底土层粘粒含量较高, 虽然有机质含量较低, 但土壤粘粒对土壤结构的影响远大于有机质的影响, 与玄武岩发育的土壤相似。研究结果表明, 红壤持水性能与其机械组成、质地有密切的关系, 与张航和 Taylor SA 等人的结果是相一致, 即土壤的持水性能与土壤质地密切相关^[15,16], 而与 Challa 等的观点相悖^[17]。

4 种红壤的透水性能存在较大的差异, 同样与土壤的机械组成有关。花岗岩发育的红壤上两层的机械组成是以细砂粒和粗砂粒为主, 且粗砂粒所占的比例较其他土壤大, 质地较轻, 与渗漏盘覆沙质地相近, 因而其渗漏量最大。玄武岩发育红壤的机械组成以粘粒为主, 质地粘重, 透水性差, 因此土壤水渗漏量低。第四纪红粘土发育的红壤仍以粘粒为主, 而有机质含量非常低, 土壤颗粒主要由 Fe、Al 胶结而成, 物理性质更接近于砂粒^[18], 其透水性较强, 与花岗岩发育的红壤相似。红砂岩发育的红壤是以细砂粒和粘粒为主, 其渗漏量介于第四纪红粘土和玄武岩发育的红壤之间。

在试验期间, 红砂岩发育红壤某些层的渗漏量随时间的变化而变化, 其余的不变。2001 年与 1990、1992 年的土壤水渗漏量比较来看, 红砂岩发育的红壤表层土壤水渗漏量所占的次序较其他 3 种土壤有所提高, 而底土层的则相反, 可能是因为经过几年的淋溶, 表层土壤粘粒随渗漏水下移, 表土层土壤粘粒含量减少, 质地变轻, 与渗漏盘的覆沙层质地的差异减小, 土壤渗漏量增加; 而粘粒在底土层沉积, 造成了红砂岩发育红壤底土层的渗漏量次序的降低。其他红壤质地相对粘重, 细小颗粒的移动较小, 未能对土壤水渗漏量造成明显影响, 其次序虽有变化, 可能是由于红砂岩发育红壤的变化导致的。

影响土壤渗漏的主要因素, 除土壤质地外, 土壤的蒸散作用也是一个重要因子。在一般情况下,

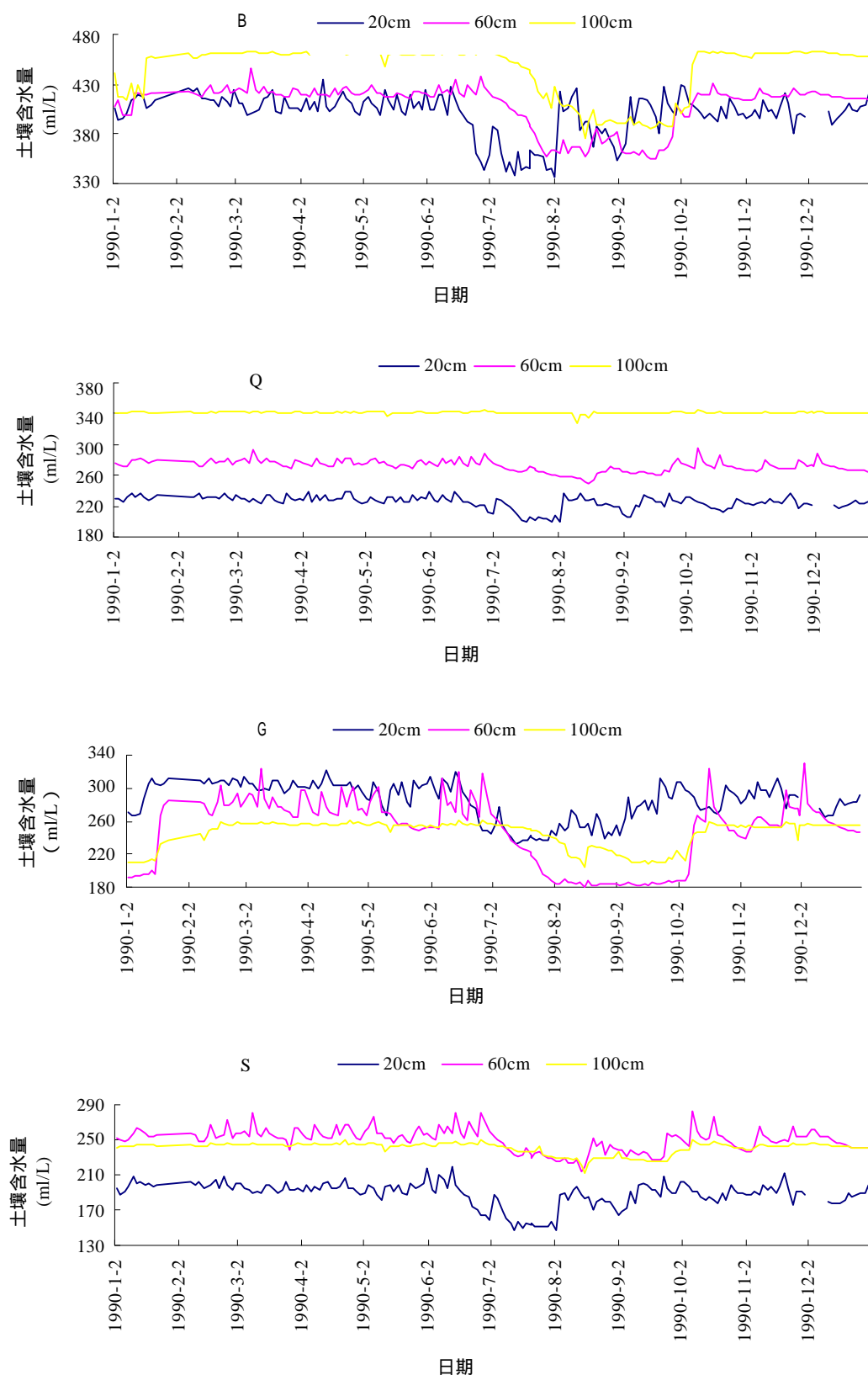


图 3 年度周期 4 种土壤 3 个层次的水分状况

Fig. 3 Soil moisture regimes at three levels in the four soils in a year

只有当降水量高于土壤表面的蒸散量和再持水量之和时,土壤才能产生渗漏。土壤孔隙分布、孔隙连续性及表土的颜色等物理性状的差异都会影响土壤蒸散作用。而且这些土壤物理性状又与土壤成土母质有非常密切的关系,因此,不同成土母质也会导致土壤渗漏量的差异。

4 结 论

本文在相同气候条件下,对比研究了玄武岩、红砂岩、花岗岩和第四纪红粘土发育的 4 种红壤水分状况及其性质,初步得到以下结论:

(1)不同成土母质造成了土壤水分特性的差异^[19],其原因是母质对土壤质地、结构等性状的影响。

(2)土壤的持水性能:玄武岩发育的红壤>第四纪红粘土发育的红壤和花岗岩发育的红壤>红砂岩发育的红壤;

(3)在表土层和心土层,4种土壤渗漏性能相比,花岗岩和第四纪红粘土发育的红壤最大,其次是红砂岩发育的红壤,最小的是玄武岩发育的红壤;在4种土壤的底土层,只有玄武岩和红砂岩发育的红壤某些层的渗漏性能随时间而变化。

(4)4种土壤不同层次含水量的年动态变化可划分为3个时期:土壤湿润期、土壤水分耗竭期和土壤水分恢复期。不同年份的气候状况不同,各时段的划分也有所不同。

参考文献

- 何圆球. 低丘红壤的农林渔复合系统的结构、机制和适宜模型的研究. 见:中国科学院南红壤生态实验站编. 红壤生态系统研究(第5集). 北京:中国农业科技出版社,1998,1~27
- 王明珠,姚贤良,张佳宝,解美珍,谢为民,贺湘逸,琚中和. 低丘红壤地区伏秋连旱的原因和性质及其抗旱机制的研究. 自然资源学报,1997,12(3):250~256
- 张斌,张桃林. 低丘红壤区农林间作系统的水分生态特征及生产力. 生态学杂志,1997,16(4):1~5
- 王明珠,张佳宝,赵春生. 低丘红壤水资源时空变异及其广泛利用的研究. 江西农业科学,1986,8(1):47~58
- 古汉虎,李玲,肖润林,张满堂. 红壤丘陵区旱地覆盖的作用. 水土资源学报,1996,3(3):47~69
- 琚中和,刘勋,张淑文,丁贤茂. 红壤水分特征的研究. 土壤通报,1980,(3):8~13
- 刘荣乐,张马祥. 湘南丘陵红壤持水特征及水分状况的研究. 中国农业科学,1992,25(2):82~89
- 姚贤良,许秀云. 关于红壤有效水范围的探讨. 见:中国科学院南红壤生态实验站编. 红壤生态系统研究(第2集). 南昌:江西科学技术出版社,1993,269~274
- 王焕之,吕军. 红壤地区三种不同母质发育土壤的水分特性差异. 水土保持学报,2001,15(2):68~71
- 尉庆丰,王玉. 几个关于土壤水分问题的探讨. 土壤学报,1994,31(2):197~202
- 姚贤良. 华中丘陵红壤的水分问题:Ⅰ. 低丘坡地红壤的水分状况. 土壤学报,1996,33(3):249~256
- 姚贤良,程云生等. 土壤物理学. 北京:中国农业出版社,1986,322~323
- 姚贤良,许秀云. 红壤的库容及其对抗旱性能的影响. 见:中国科学院南红壤生态实验站编. 红壤生态系统研究(第2集). 南昌:江西科学技术出版社,1993,262~268
- 张玉革,姜勇,依艳丽,邹德乙,刘孝义. 长期施肥对土壤水分特性影响的研究. 土壤,1999,31(3):120~131
- 张航,徐明岗,张富仓,武云天. 陕西农业土壤持水性能及其与土壤性质的关系. 干旱地区农业研究,1994,12(2):32~37
- Taylor SA 等著(华孟等译). 土壤物理学. 北京:农业出版社,1983,140~141
- Challa O, Gaikawad MS. Water retention characteristics of major soils of Dara and Nagar Haveli. Journal of Indian Society of Soil Science, 1987, 35(2): 118~120
- 陆景冈. 红壤结构稳定性及在土壤分类中的意义. 土壤学报,1979,3(3):212~218
- Gong Zitong, Zhang Ganlin, Zhao Wenjun, Zhao Yuguo, Chen Zhicheng. Land use-related changes in soils of Hainan Island during the past half century. Pedosphere, 2003, 13(1): 11~22

MOISTURE REGIMES OF FOUR RED SOILS DEVELOPED FROM DIFFERENT PARENT MATERIALS

LI Cheng-liang HE Yuan-qiu XIONG You-sheng YANG Fang

(*Institute of Soil Science, Chinese Academy of Science, Nanjing 210008*)

Abstract Moisture regime and permeability of four representative red soils, originated respectively from red sandstone, granite, basalt and quaternary red clay in Southeast China, have been studied under the same topographic and climatic conditions. The results show that varying differences exist between the four soils in water-holding capacity and permeability because of differences in soil mechanic composition and soil structure as a result of their difference in parent material. Percolation at all levels of the four soils, except at certain levels of the red soils derived from basalt and red sandstone, does not change with the time. The annual dynamic change in water regime of the four soils can normally be divided into three phases: soil moistening, soil moisture exhausting and soil moisture restoring. But the division varies with the year in length of each phase.

Key words Red soil, Soil parent materials, Soil water regime, Permeability

(上接第 291 页)

参考文献

- | | |
|--|--|
| <p>1 黄新东. 2002 年中国国土资源公报. 中国国土资源报, 2003-4-4 (3)</p> <p>2 童潜明. 耕地的隐性杀手—延缓性地质灾害. 中国国土资源报, 2003-3-31 (3)</p> <p>3 朱德举, 刘友兆, 王秋兵. 土地资源学教程. 北京: 海洋出版社, 1999, 78</p> <p>4 金磊. 大地无痕—感受澳大利亚矿业环保. 中国国土资源报, 2003-4-1 (3)</p> | <p>5 赵德春. 招远实行环境治理预备金制. 中国国土资源报, 2003-4-3 (2)</p> <p>6 郭剑雄. 工业化在农业发展中的贡献. 新西部, 1998, (5): 44</p> <p>7 牛国友. “剪刀差”与我国农业发展政策取向. 北方论丛, 1998, (1): 31 ~ 32</p> <p>8 刘新卫, 黄大鹏, 蔡爱民. 安徽省耕地资源持续利用研究, 土壤, 2001, 33 (6): 300 ~ 304</p> <p>9 国土资源部耕地保护调研组. 经济建设与耕地保护的关系调研报告. 国土资源通讯, 2002, (2): 3 ~ 4</p> |
|--|--|

PROTECTION OF THE CULTIVATED LAND IS FACING SERIOUS CHALLENGES DISCUSSING THE HIDDEN LOSS OF THE CULTIVATED LAND

LI Yan-fang SHANG Guo-bei

(*Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031*)

Abstract The hidden loss of the cultivated land produced by the declining quality has seriously threatened the implementation of the “total dynamic balance” and the sustainable development of the cultivated land. In order to arouse public attention to protect the quality of the cultivated land, the author gives the definition of the hidden loss of the cultivated land, then analyses the formative reasons, and last bring forward some operable countermeasures.

Key words Cultivated land protection, Hidden loss, Formative reasons, Countermeasures