

江西兴国县土壤渗透性的研究

杨艳生 史德明 姚宗虞

(中国科学院南京土壤研究所)

提 要

对我国南方侵蚀较严重的三种土壤,即第四纪红土母质、花岗岩母质形成的红壤和紫色土进行了土壤渗透性测试。结果作出了渗透时间与总渗透量、渗透时间与渗透速度及渗透速度与总渗透量间的关系曲线,其关系方程分别是 $Y = A + B \log X$ 、 $Y = Ae^{b/x}$ 。对10个试验小区都作出了实测曲线的拟合方程,并对其渗透特征作了讨论。

我国南方雨量充沛,降水是产生土壤侵蚀的主要动力因子。降至地表的水分通过地表径流和渗入土壤而流失。在水土流失区,如果渗入土中的水分多,地表径流就减小,土壤侵蚀就较轻。地表水通过土壤的渗透量是可以人力加以改变的。在不同地区,不同土壤,土壤的渗透速度和渗透量是不同的。为了摸清土壤的渗透规律,以采取必要措施增加土壤渗透,减小地表径流,开展土壤渗透研究对防治水土流失有重要意义。

一、试验区的选择

南方山丘地区普遍存在不同程度的水土流失,部分地区土壤侵蚀相当严重。据江西1965年以前的统计,全省水土流失面积约18,000平方公里,占全省山丘面积的18%。为了摸清水土流失规律,围绕侵蚀土壤本身性质和其它主要侵蚀因子,选择了对我国南方有代表性的水蚀区,即在江西南部兴国县进行了侵蚀土壤渗透规律的布点研究。

1. 试验区的地形特点。该县地形、气候与南方侵蚀区大致相同。县境80%为山地丘陵区,从边缘向兴国盆地中心,依次为中山、低山、丘陵、低丘、阶地和冲积平原。中山区绝对高度 >500 米,个别山峰达1,000多米。相对高度为300米左右。主要岩层是变质岩和花岗岩,山势崎岖,尤其变质岩区多陡峻深谷。低山区海拔300—500米,相对高度100—200米。主要岩层为花岗岩和老第三纪砂砾岩和变质岩,坡度多在 25° — 40° 间。陡丘区海拔200—300米,相对高度50—100米,岩层主要是紫色页岩、砂砾岩和花岗岩;低丘相对高度10—50米,岩层以紫色页岩为主。低丘以下为第四纪红土形成的阶地和近代河流冲积平原。

2. 雨量及降雨特点。该县常年雨量约1,500毫米,多雨年份,年雨量接近2,000毫米。大部分雨水集中在3—6月份降落。春夏秋冬四季雨量分配分别为18.3%、48.8%、

21.8%、11.1%。5—6月份多降暴雨，日最大降雨量曾达192毫米。雨量多，降雨集中，多降暴雨的特点显著。

3.土壤侵蚀特点。该县侵蚀最为严重的包括花岗岩、紫色砂页岩和第四纪红土母质形成的土壤。花岗岩母质形成的土壤，风化层深厚，土体内夹有较多的小石英粒，植被破坏以后侵蚀最为严重，危害也最大。紫色砂页岩母质形成的土壤，土层较薄，坡度较大，侵蚀程度仅次于花岗岩区。第四纪红土形成的土壤，由于受剧烈的人为活动影响，许多地方沟壑纵横，A层被流失，侵蚀也相当严重。因此，在上述三类母岩发育的土壤上，选取了代表性强、代表面广的不同植被或不同利用类型的10个小区，共进行41次土壤渗透性测试。

4.试验区土壤的基本性质。在10个试验小区中，1—4是花岗岩母质土壤小区；5—8是紫色砂页岩母质土壤小区；9—10是第四纪红土母质土壤小区。

第1小区是在花岗岩厚碎屑层上，修建水平梯地，并种植葛藤、胡枝子、知风草的试验地。土体深厚，A、B层全被侵蚀，以白砂土层为主，表土粘粒<10%。表土容重1.3—1.4，下层1.4—1.5，疏松，通透性好。由于受生物措施改良，表土呈暗灰黑色，表层10厘米有机质含量为1—3%。本小区属经工程和生物措施改良后的类型，目前仅有零星分布，但随着水土保持工作的开展，面积正在扩大。当前侵蚀程度轻微。

第2小区属花岗岩红砂土或白沙土厚碎屑层，光板地类型，土壤粘粒<5%。容重1.3—1.5，疏松，分布面积广，水土流失严重。主要分布于中山山脊、低山和丘陵坡面，坡度10—40°不等。

第3小区属坡积土壤或侵蚀较轻的中下坡、厚Bc层土壤，层次分异不明显，粘粒10—20%，表土容重1.2—1.3，下层1.4—1.6，较紧实。长有木荷、风香、松等，是稀疏乔木林地，林下草被极少，无A层或A层小于10厘米，面蚀严重。

第4小区与3小区大致相同，但乔木极少，以草被为主，盖度50—70%。侵蚀较严重。

第5小区为旱作农地，有效土层厚度多为40—60厘米，表土有机质约3%，粘粒占30—40%。表土容重1.1—1.2，下层1.3—1.5，土质较松，种植花生、红薯等，侵蚀较轻。

第6小区为紫色砂页岩中下坡、坡积厚层风化物，光板地。土壤组成物质较粗，粘粒占10—20%。容重1.4—1.7。土壤剖面无明显发生层分异，无植被，侵蚀较严重。

第7小区与6小区相似，但坡积物时间较长，相对稳定，已开始土壤发育过程，粘粒占20—30%。容重1.4—1.7，较紧实。植被以草本为主，并有稀疏黄檀、苦栋、鸡眼草、白茅等，盖度约80%。侵蚀中度。

第8小区为紫色砂页岩坡面薄层风化物。这类风化物处于极不稳定状态，0—5厘米较松，下层坚实。容重1.5—1.7。随着水蚀、风吹（泻溜）而不断移动至坡下，边风化边侵蚀，而不能就地形成完整的土壤剖面，植物也无法在上面生长。侵蚀剧烈。

第9小区为第四纪红土区，遭受强烈面蚀的厚层Bc层出露的光板地。此小区地面较平缓，一般10—20°。表土粘粒占40—50%，土质较粘。表土容重1.3—1.4，下层1.4—1.5，较紧实。靠近居民点，人类活动频繁，无植被，侵蚀强烈。

第10小区与9小区同，但地面有稀疏的松、木荷等乔木，林下仍为光板地。侵蚀较强。

二、实验数据的点划曲线及拟合方程

土壤渗透性是指降水或试验时，加进土壤表面的水，通过表土渗入土壤的性质。在试验条件下，土壤水分的渗透，包括水分的下渗和侧渗两部分。在实际降雨条件下，土壤水分的下渗才与真实情况相符，但是，此时尤其在坡地上，下渗同时也伴随侧渗，只是在试验条件下，由于多向侧渗会使得实测的总渗透量大于实际的总渗透量。然而可以通过更接近于实际情况的试验设计和误差修正方法，使测量值更接近实际值。本试验是采用渗透筒法研究土壤不同渗透时间与渗透速度、不同渗透时间与总渗透量和渗透速度与总渗透量的关系。

1. 渗透时间与渗透速度的关系。从实测情况可知，渗透开始时，土壤渗透相当迅速，随着渗透时间的增加，渗透速度骤然下降，大约到半小时以后，下降速度减小，并大体呈等量下降趋势，到一定时间以后速度不再增加。从实测情况看，最大渗透速度约20毫米/分（其中包括土壤吸持的水分在内），而两小时后，最小渗透速度约0.1毫米/分。

在这方面，前人有过许多试验^[2]，阐明渗透时间与渗透速度间的关系是指数关系。在二维坐标图上，若x轴表示渗透时间，y轴表示渗透速度，它们的几何图形如图1，拟合曲线方程为 $Y = Ae^{b/x}$ 。

2. 渗透时间与总渗透量的关系。随着渗透时间的增加，总渗透量也增加，但是在相同间隔时间内的增加量并不相同。渗透开始后一段时间，渗透量增加得快，随后，在相同间隔时间的渗透量逐步减少，最后几乎达到恒定值。它们间的关系可用图1中第2号线表示，这根曲线可用方程 $Y = A + B \log x$ 来描述。

3. 渗透速度与总渗透量的关系。在一般情况下，渗透开始时，渗透速度总是很快，总渗透量不大。随后，虽然渗透速度在减小，但总渗透量仍在增加，直至渗透速度稳定以后，总渗透量等量增加。这一关系的几何图形，可用图1第3号线表示，并用 $Y = Ae^{b/x}$ 来描述。

图1中表示上述三种关系曲线，是根据实际的试验测定数据点划的。根据上述关系，对每一观测点资料，都可用一个相应的方程加以描述。而对每个小区的若干观测

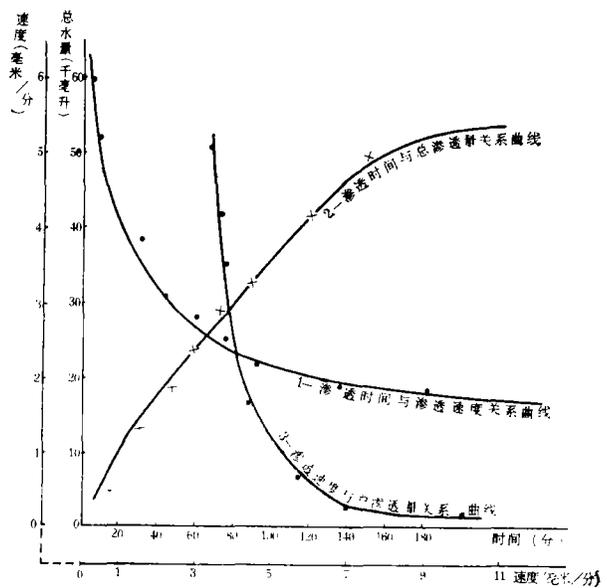


图1 渗透时间与渗透速度、渗透总量关系曲线

点，得到的若干方程组中的常数项，取其平均值后，得到该小区土壤渗透的各种关系的描述方程，以便将这些资料进行对比研究和实际的应用。

三、土壤渗透关系方程及其应用

通过试验小区各观测点实测资料，绘制出各测试点土壤渗透时间、速度和总渗透量两两间的关系曲线，得到描述这些曲线的数学方程。利用方程可以计算出土壤总渗透量和渗透速度，用以研究各观测土壤的渗透特性，从而对不同土壤的侵蚀特征作出理论阐述，并为水土保持提供理论依据。

1.不同土壤的渗透量比较。不同土壤的渗透量是指一定渗透时间内的总渗透量，这可从渗透时间与总渗透量的关系方程中求出。各试验小区的关系方程，和渗透时间为5分钟、120分钟后的总渗透量列于表1。并在图2中划出1、2、3、4小区的关系曲线。从表中可见，除第8小区外，各小区间5分钟后的总渗透量最大值与最小值相差约4倍，而两小时后的总渗透量相差7—8倍之多。第8小区是紫色砂页岩薄层风化物，两小时的总渗透量仅500毫升左右，与一般土壤的总渗透量相差几十倍。渗透量最大的是经工程和生物措施改良后的第1小区土壤，花岗岩碎屑层光板地、紫色土旱作农地和第四纪红土光板地次之，紫色砂页岩区的坡积土（第6、7小区）、第四纪红土区的乔木疏林地的总渗透量更小。

表 1 渗透时间与总渗透量的关系方程

试验小区编号	关系方程 (x表示时间)	不同时间的总渗透量 (千毫升)	
		5分钟	120分钟
1	$y = 26.17 \log x - 13.57$	4.72	40.8
2	$y = 14.18 \log x - 7.27$	2.64	22.2
3	$y = 3.63 \log x - 1.54$	1.00	6.0
4	$y = 3.31 \log x - 1.37$	0.94	5.5
5	$y = 15.71 \log x - 8.70$	2.28	24.0
6	$y = 10.78 \log x - 6.20$	1.33	16.2
7	$y = 3.47 \log x - 1.37$	1.06	10.0
8	$y = 0.26 \log x - 0.08$	0.16	0.51
9	$y = 13.17 \log x - 6.95$	2.26	20.4
10	$y = 7.83 \log x - 4.07$	1.40	12.2

2. 不同土壤渗透速度的比较

渗透速度是指某一渗透时刻，单位时间的渗透量，显然渗透时间不同其量值也不同。各试验小区土壤，渗透时间与渗透速度的关系方程，渗透时间为5分钟、50分钟的渗透速度列于表2，1—4小区土壤的这一关系曲线如图3。从表2可见，各试验小区中，渗透5分钟时最大渗透速度（1小区）接近于5毫米/分，其余均在1—4毫米/分之间，紫色砂页岩薄层风化物（8小区）渗透速度最小，仅0.13毫米/分。渗透达50分钟时，渗透速度基本稳定，这时最大渗透速度约4.5毫米/分，一般为0.5—2.5毫米/分，最小约为0.1毫米/分。各小区间相对渗透速度变化与5分钟时相同。

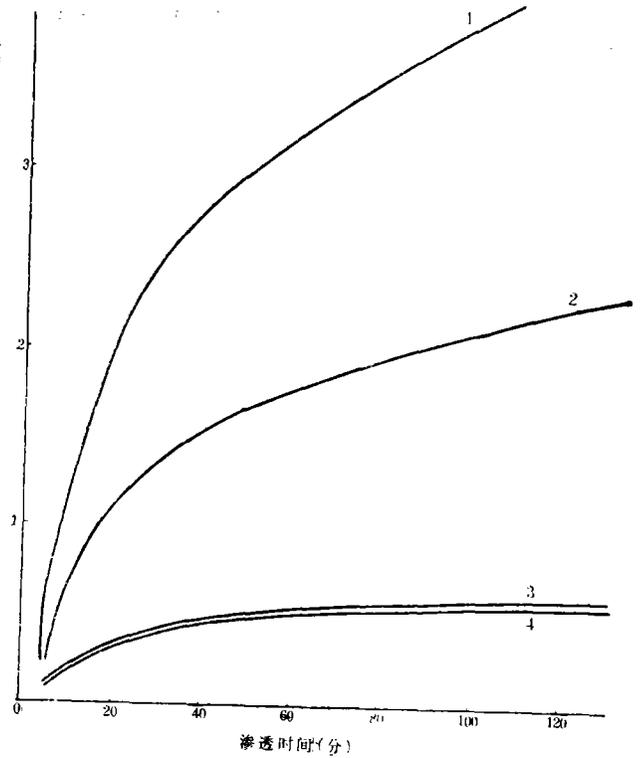


图2 渗透时间与总渗透量的关系曲线
(曲线编号为试验小区号)

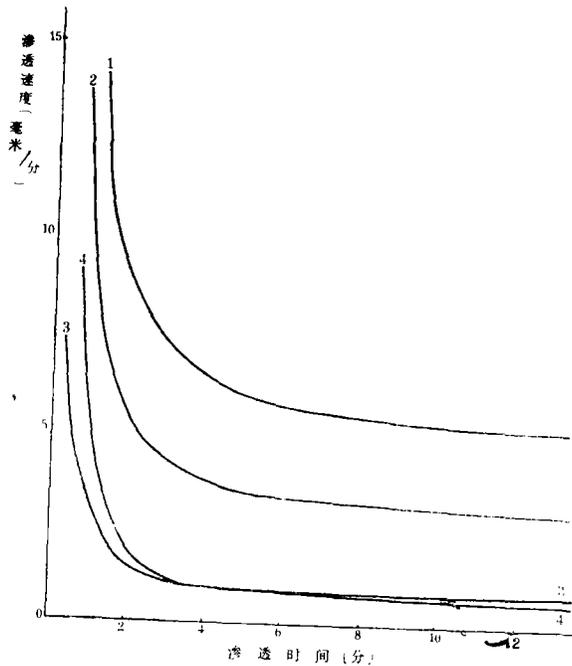


图3 渗透时间与渗透速度的关系
(曲线编号为试验小区号)

表 2

渗透时间与渗透速度的关系方程

试验小区编号	关系方程 (x表示时间)	不同时间的渗透速度(毫米/分)	
		5分钟	50分钟
1	$y = 4.52e^{-1.36/x}$	5.93	4.65
2	$y = 2.62e^{-1.30/x}$	3.40	2.69
3	$y = 0.72e^{-1.42/x}$	0.96	0.74
4	$y = 0.65e^{-2.02/x}$	0.97	0.67
5	$y = 2.57e^{-1.40/x}$	3.40	2.64
6	$x = 1.86e^{-0.76/x}$	2.17	1.89
7	$y = 1.17e^{-1.42/x}$	1.55	1.20
8	$y = 0.07e^{-3.06/x}$	0.13	0.08
9	$y = 2.19e^{-1.12/x}$	2.74	2.24
10	$y = 1.22e^{-4.28/x}$	2.87	1.33

3. 渗透速度随总渗透量的变化。这一关系方程及渗透速度为5、10毫米/分时的总渗透量列于表3，1—4小区的关系曲线如图4。从表3可见，8号小区由于其渗透速度很快达到了稳定，总渗透量并不随渗透速度而变化。而对渗透速度较大的试验小区土壤，其总渗透量随渗透速度不同有更大的变化。

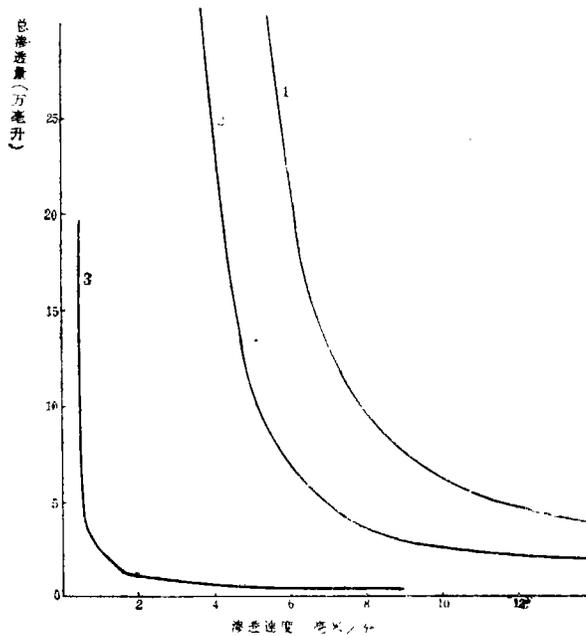


图4 渗透速度与总渗透量的关系曲线
(曲线编号同试验小区号，3、4号曲线基本重合)

表 3

渗透速度与总渗透量的关系方程

试验小区编号	关系方程 (x表示渗透速度)	不同渗透速度时总渗透量 (千毫升)	
		5毫米/分	10毫米/分
1	$y = 0.89e^{19.11/x}$	40.67	6.02
2	$y = 0.60e^{14.53/x}$	10.97	2.57
3	$y = 0.36e^{1.59/x}$	0.49	0.42
4	$y = 0.41e^{1.58/x}$	0.56	0.48
5	$y = 0.32e^{9.19/x}$	2.01	0.80
6	$y = 0.06e^{8.32/x}$	1.69	0.74
7	$y = 0.91e^{1.82/x}$	1.32	1.10
8	$y = 0.12e^{0.07/x}$	0.12	0.12
9	$y = 0.26e^{8.60/x}$	1.45	0.61
10	$y = 0.24e^{5.61/x}$	0.74	0.42

四、结果和讨论

1. 从测试结果可见, 遭受严重流失的花岗岩碎屑层, 实施水土保持工程, 进行生物防护后, 可以使土壤得到改良, 增加土壤的总渗透量。若与相同土壤而未采取保护措施的相比, 在两小时内的总渗透量增加一倍。

2. 紫色砂页岩薄层风化物, 其渗透速度及总渗透量都极小, 加上类似这一试验区的分布区坡度大, 这些就是它侵蚀相当严重的主要原因。同时, 由于其水分贮量很小, 降雨后, 水分迅速消失, 生物因缺水而难于生长, 生物措施难以收到实效, 非有工程措施开路而不能改良。

3. 土壤渗透应与土壤上生长的植被类型有关, 但其首先取决于土壤性质本身。如果地面植物生长, 并未引起影响渗透的土壤性质的变化, 不同的植被类型就不会对土壤渗透有明显的影晌。从试验结果可见, 对于水土流失区, 除经过改良的地块外, 土壤质地对渗透的影响是主要的。

4. 上述土壤渗透试验是在一定条件下进行的, 而与实际降雨时的土壤渗透条件不同, 因而所得到的测量量与实际土壤渗透量有一定差距。但是, 由于各试验小区测试条件都相同, 所得到的各小区土壤渗透的相对值, 就能反映实际土壤渗透对比的真实情况。然而由于试验方法的限制, 所得到的渗透速度和总渗透量绝对值, 都较所估计的实际渗透值要大。今后的工作可模仿实际降雨的情况, 采用人工降雨方法, 以取得接近土壤真实渗透量数据。

(英文提要转第24页)

明，搞间、混、套种，不需要增地和投资就可以获得良好效果。甘肃秦安等地，素有“一种三收”习惯，即种荞麦时带种草木樨（苜蓿）及春油菜，一次播种三次收获，比通常“一种两收”（荞带草）每亩多收60斤油菜籽。又如1975年4月，我们在安塞茶坊点的川地上，将草木樨和箭舌豌豆与玉米同时播种，6月29日结合中玉米耕培土，将草木樨、箭舌豌豆全部压青，结果草粮间作的玉米比单种玉米平均每亩增产27.9%，间种箭舌豌豆的玉米比间种草木樨的产量高，前者增产38.3%，后者增产17.2%。间、混、套种增产抗灾的例子到处可以找到。在多灾害的陕北地区，很好运用这方面的经验，则增产潜力大有可挖。此外，如“一种三收”等方式，可节省1—2倍的耕、种、管所化的劳力，对土壤具有免耕意义，有利于水土保持。苏联在列别金斯基地区耕翻12年的土壤，在0—25厘米范围内，腐殖质含量减少0.5%；耕翻37年减少1.6%；耕翻100年减少3%，氮的含量也相应减少0.03、0.12和0.19%。在普通黑钙土新垦地表层范围内，腐殖质的含量比老耕地多0.5—1.0%。可见，水土流失区尽量少耕，借植被或有机肥料来维护土壤表层自然状态，可以减少土壤腐殖质和总氮量的消耗。

扩大豆类作物种植面积，是建立正确轮作制的需要。正确的轮作，乃是提高作物产量，并为日益增长的动物饲养业建立稳定的饲料基础的一个极重要手段。在轮作中豆科作物比例过少，或种植年限过短或产量过低，均难达到氮素循环作用。陕北作物种植面积，历来以禾本科为主。今以杏子河流域为例，禾科作物占播种面积48—73%，豆科占4—11%，一年生豆科作物虽亦固氮，对改良土壤，对后作均有良好影响，但与多年生豆科比又有很大差异。例如，每亩草木樨可固氮17斤，苜蓿44—50斤，箭舌豌豆12.3斤，普通豌豆为10.3斤。从大牲畜饲料来源来说，主要靠禾本科作物干草，蛋白质来源不足。为了家畜的健康，生产发育正常。泌乳、产蛋等生产力提高，必须增种豆科牧草，如苜蓿等，以增加植物蛋白质来源。苜蓿在豆科牧草中是含蛋白质最高的一种，也是制造含蛋白质、维生素高的草粉和颗粒饲料的好原料。

STUDY ON SOIL PERMEABILITY IN XINGGUO COUNTY OF JIANGXI PROVINCE

Yang Yunsheng Shi Deming Yao Zongyu

(Nanjing institute of soil science, Academia sinica)

ABSTRACT

Three soils, one of them is soil developed from Quaternary red clay, one is from granite and purple soil, were studied by permeameter. There are major types of soil, which were severely eroded in southern China. By study the relations between time and total measures of water permeating into soil, between time and permeability velocity, between permeability velocity and total water measures of permeation were established. The relation equations for 10 experimental plots were made and the properties of permeability of each soil were discussed.

(上接第34页)