

钴、镍接近世界土壤正常值。

在四个主要土类中，多数微量元素的平均含量以暗棕色森林土为最丰富，山地生草森林土次之，棕色针叶林土和高山苔原土较低。

植物的选择吸收和生物富集作用使锶、锰、铜、锌等元素在生物性堆积较强的土壤表层明显聚集，也表明它们是生物强烈堆积的元素。镍和铬在土壤剖面中大多是下层多而上层少（棕色针叶林土除外），说明它们是生物摄取量较低（针叶树的摄取量略高些）或生物弱堆积的元素。各种植物对同一元素的吸收和富集程度有很大差别，因而同一元素在各类型土壤中的累积状况也不一样。铅往往在土壤的AB或B层淀积，锌

的淀积层次更低。各种元素在土壤剖面中淀积的深度受土壤形成过程特点、土壤性质和该元素的活性等制约。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院自然区划工作委员会：中国土壤区划（初稿）。科学出版社，1959。
- [2] 方肇伦等：东北及内蒙古东部的土壤微量元素。土壤学报，11卷2期，130—142页，1963。
- [3] Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Наука АН СССР. 1957.

地形因素对太湖地区水稻土的发生与肥力的影响

李伟波 徐琪

（中国科学院南京土壤研究所）

地形因素对土壤的影响是人所共知的。微地形对水稻土的影响，早在本世纪三十年代，我国土壤学者已予以注意。随着水稻土研究工作的不断深入，有不少论著提出了这方面的问题〔1,2〕。当然，地形对土壤发生与肥力的影响并不是孤立的，它和其它成土因素的作用密不可分。但是，在同一个地域性生态系统内，地形因素的突出作用是不能低估的。

太湖地区按地形可以划分为低山丘陵、平原和圩区。低山丘陵约占陆地总面积的27.8%，平原约占45.8%（其中沿江平原占26.7%，太湖平原占19.1%），圩区占26.4%。在不同地形部位上发生发育不同类型水稻土。虽然几千年来人类精耕细作，土壤的形态

特征、理化性状、肥力水平等都与起始土壤有很大的不同，但由于地形及其所支配的水文类型、水文地质特征以及母质的分布状况等，到目前为止还不能全部为人力所改变，所以它对土壤发生与肥力的影响仍然是相当巨大的。表1列举的太湖地区不同地形部位水稻土耕层化学性质，表明了这一点。一般说来，丘陵区发育的侧渗水稻土有机质、全氮含量较低，平原区发育的爽水水稻土、滞水水稻土和漏水水稻土居中，圩区发育的壅水水稻土最高。全钾、全磷因同时受地形与母质等因素的影响而含量不同，侧渗水稻土偏低，发育在新冲积物上的漏水水稻土最高。土壤肥力的差异直接表现为作物产量的高低。据吴县金山、望亭等公

表1 太湖地区水稻土耕层化学性质

土壤类型	有机质含量 (%)			全氮含量 (%)			全磷含量 (%)			全钾含量 (%)		
	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n
爽水水稻土	2.81	0.545	138	0.164	0.0325	133	0.141	0.0435	80	1.60	0.239	53
侧渗水稻土	1.59	0.418	65	0.104	0.0323	67	0.081	0.0441	52	1.44	—	36
滞水水稻土	2.23	0.561	72	0.131	0.0316	61	0.095	0.0358	38	1.51	0.125	21
壅水水稻土	3.40	1.28	108	0.189	0.0607	109	0.123	0.0395	66	1.96	0.425	45
漏水水稻土	2.02	0.599	88	0.119	0.0268	88	0.178	0.0358	23	2.32	0.143	20

注：(1) \bar{x} —平均值，s—变异系数，n—标本数。

(2) 资料引自刘元昌等，1981；双季稻对农田生态的影响及其与稻麦高产稳产的关系。农田生态文集，中国科学院南京土壤所（内刊）。

表2

土壤类型与产量水平*

土壤类型	金山公社		望亭等六个公社	
	全年粮食单产(斤/亩)	相当全公社平均产量(%)	全年粮食单产(斤/亩)	相当全公社平均产量(%)
爽水水稻土	1521.7	102.4	1462.8	105.2
滞水水稻土	1358.6	91.4	1307.2	94.1
蒙水水稻土	1352.8	91.0	1282.7	92.3
侧渗水稻土	1154.3	77.7	—	—

* 资料来源同表1注(2)。

社调查材料,不同地形上水稻土的全年粮食亩产(包括稻、麦)相差160—360斤/亩(表2)。可以肯定,地形因素的这种作用过去有、现在有、将来仍会延续进行下去。

本文拟以太湖地区为例,分别就丘陵、平原与圩区微地形对水稻土某些发生特性的影响加以分析,试图找出其中的一般规律,为不断提高土壤肥力,建立良好的农田生态环境提供依据。

一、丘陵区

太湖地区丘陵主要有茅山丘陵与天目山丘陵。前者高差不大,起伏平缓,水稻土比重大;后者比较高大,地势陡峭,水稻土比重小。成土母质大部分为下蜀黄土所复盖,天目山丘陵南端部分有红土物质露头。海

拔高程10—50米左右,在侵蚀作用下,形成岗谷相间的地貌特征。经长期的开发利用,修筑梯田,引种水稻,形成了侧渗水稻土类型。典型的侧渗水稻土分布于茅山以南,白色渗透层(又称白土层)与侧漂层明显发育,而宁镇丘陵发育的白色渗透层与侧漂层均不明显。由于在同一母质上,地形部位变化的影响,形成发生性质彼此不同的土链,其主要理化性质列于表3。

一般讲,随着岗、塝、冲地形由高变低,堆积土层逐步增厚,地表流失与水分侧渗减弱,剖面中侧渗层部位变深。粘粒、铁、锰等淋溶淀积作用也因之而异,高处强烈,低处微弱。图1表示半米土层的粘粒含量与相对高程的相关关系,随着坡度下降,其含量增加,呈直线负相关。

表3

丘陵地区水稻土耕层的理化性质[3]

组合类型	土壤名称	地形部位	pH	有机质(%)	全氮(%)	全磷($P_2O_5\%$)	速效钾(K_2O 毫克/100克)	代换量(毫克当量/100克)	粘粒(%) (<0.001毫米)
土链1 (溧阳湖桥)	板浆白土	高	6.3	1.09	0.070	0.032	13.0	5.91	10.7
	白土	中	6.6	1.30	0.092	0.044	11.0	8.40	11.7
	青泥白土	低	6.1	1.40	0.095	0.086	21.0	10.72	24.6
土链2 (南京江宁)	小粉土	高	5.8	1.10	0.075	0.068	8.8	10.37	12.5
	马肝土	中	7.2	1.98	0.130	0.140	15.5	15.71	22.7
	青肝土	低	6.4	2.27	0.141	0.114	20.3	19.20	29.2

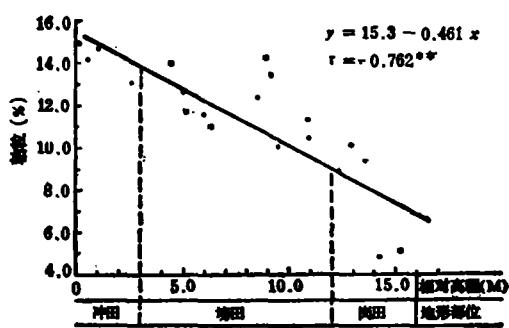


图1 丘陵地区水稻土耕层粘粒含量与地形的关系

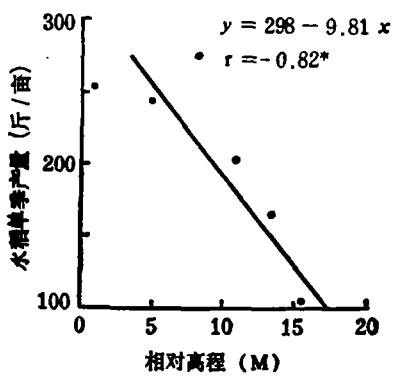


图2 丘陵地区水稻产量与地面高程的关系

在母质与水分再分配的双重影响下，随岗田、塝田、冲田的递变，耕层有机质含量也逐渐递增，与相对高程呈直线负相关，其回归方程为：

$$Y = 2.31 - 0.086 X \quad (r = -0.975^{**})$$

鉴于土壤肥力状况随地面高程呈有规律的变化，必然对作物产量产生明显的影响。据茅山丘陵西部平岗地区的调查，塝田与冲田的水稻平均单产分别比岗田增加82%和93%。地面高程与水稻产量之间的变化如图2。这种土壤肥力的差异，也因地形发育不同而异。如系近河沿江丘陵，侵蚀基准面低，河岸高差大，水稻土的肥力差异亦大。

二、平原区

太湖平原、沿江平原从北、东、东南三面成弯月型环抱太湖，组成太湖地区的主体部分。经几千年淹水种稻、施肥耕作，在黄土状物质和冲积物上分别发育大面积的爽水稻土、滞水稻土和漏水水稻土。

1. 太湖平原按微地形的变化可以分为高平田、平

田与低平田，海拔高度4—7米。此外，由历史上长期延续至今的河泥施用习惯，使靠近村庄或河塘的稻田逐步堆叠升高，远离的则相对较低，也造成微地形的变化。无疑，这种变化对水稻土的发育和肥力将产生深刻的影响。

爽水稻土多分布在平田和近村田或圩区头进田。经长期的耕种管理，成为本区最肥沃的水稻土。一般都具有深厚的，熟化度较高的耕作层，比较发育的犁底层，垂直节理良好的渗透层和有显著淋溶物质的淀积层。土体上下无障碍层次，宜稻宜麦，高产稳产。滞水稻土多成片分布于锡澄槽河与洮滆高平地区。剖面上部白色渗透层的出现及其下面淀积层的滞水现象，使这类水稻土的肥力受到严重的影响，成为稻麦高产的障碍层次。白色渗透层粉砂含量高，粘粒少，养分贫乏；淀积层有明显的粘粒积累和铁锰淀积，通透性差，排水困难。土体上层滞水，易产生内涝渍害。上述两类土壤发生特性的某些差异列于表4。

滞水稻土中，白色渗透层的发育与微地形有关。

表4 水稻土中渗透层(W)和白色渗透层(WL)发生特性的差异

土壤类型	发生层	有机质(%)	全氮(%)	全磷($P_2O_5\%$)	全钾($K_2O\%$)	阳离子交换量(毫克/100克土)	0.05-0.01毫米颗粒(%)	<0.001毫米粘粒(%)	粗粉砂粘粒
爽水稻土	M	0.84 (4)	0.056 (4)	0.146 (3)	1.59 (3)	17.22 (4)	32.0 (3)	31.7 (3)	1.01
滞水稻土	WL	0.37 (7)	0.032 (7)	0.089 (7)	1.32 (7)	11.69 (7)	51.7 (6)	18.5 (6)	2.79

注：(1) 表中数据为[4,5]文献中分析资料的算术平均值。

(2) 括弧()内的数字为标本数。

由于长期淹水种稻，加剧了土壤中机械淋溶和还原淋溶，在气候、地理和时间因素的影响下，逐步形成目前的白色渗透层与淀积层(淀积斑状潜育层)。地形较高的地段白色渗透层发育厚，而地形较低处则发育弱而薄。其在剖面中出现的深度与海拔高程有一定的相关性。据调查资料统计，海拔高于6米的地段，白色渗透层出现的下限(或淀积斑状潜育层出现的上限)多在50厘米上下；海拔5米左右的，多在40—45厘米之间；海拔低于5米的，则多在30厘米上下(图3)。

由于白色渗透层养分含量低，加之其下面土层的滞水特性，使其在剖面中出现的部位对耕层的肥力特性和作物产量产生一定的影响。据调查测定，白土层出现在50厘米时，其耕层有机质含量多超过2.0%，对作物生育无明显的影响；出现在35厘米时，耕层有机质含量降为1.8%左右，作物减产10—20%；出现在20厘米时，土壤有机质降为1.0%上下，作物减产50—60%。

2. 沿江平原主要由长江、钱塘江冲积物形成的。

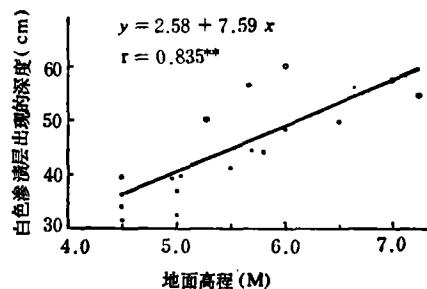


图3 滞水稻土白色渗透层下限与微地形的关系

海拔高度约4—5米，地势由西北向东南缓倾。平原呈垄状，中部稍高，向两侧微微降低。以漏水水稻土为主要组合类型的土壤复区，受微地形的影响甚大。图4为江苏省太仓县沿长江边向里缘过渡到圩区的断面示意图。成土物质的沉积条件因地形而异，造成近江处或地形较高部位，沉降物质厚且颗粒较粗。由此而使土壤特性呈有规律的变化：从左至右，沙性土壤的

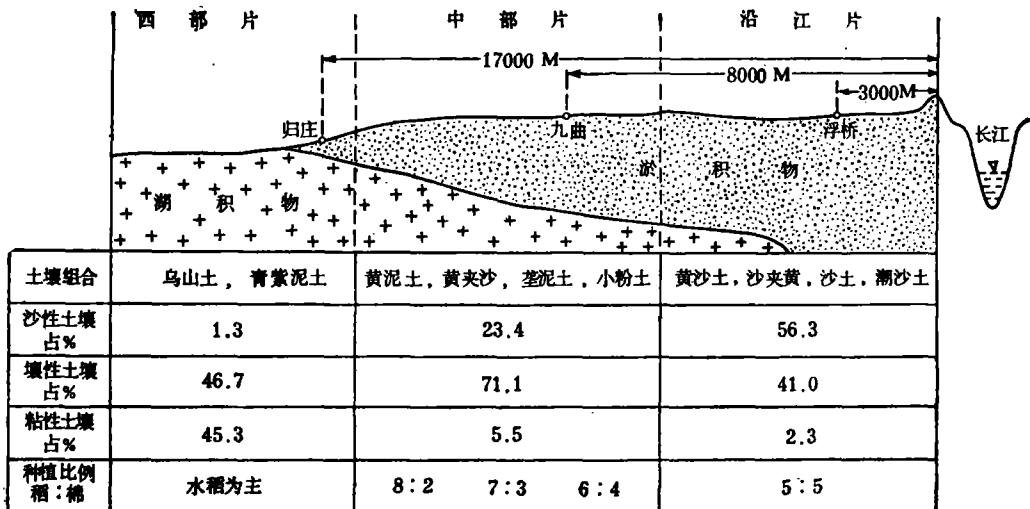


图4 沿江区断面示意图

注：根据太仓县土壤志绘制

比例由小变大，石灰反应由弱变强，质地由细变粗，保水保肥性能由好变差，沉积层理也有明显的变异。

在微地形的影响下，不同年代冲积物质的性质以及沉积过程的变化较为复杂，加上人为耕作熟化时间长短不一，上述各种土壤的微域水热状况、耕作特性、理化性状等亦各有异同，使土壤肥力具有多样性的特点。但是，无论那种土壤，在长期淹水种稻过程中的变化主要有：

- (1) 石灰的淋溶与淀积；
- (2) 铁、锰、粘粒在剖面中移动与积累；
- (3) 沉积层理逐渐消失。

这些变化使漏水水稻土的土体构型日趋完备，逐步分化出：耕层—犁底层—渗漏层—淀积层，而变化的强度与速度却因地形条件不同而产生明显的差异。

三、圩 区

太湖水系最著名的圩区有阳澄湖圩区、杭嘉湖圩区和洮滆湖圩区。在大小不等的碟状洼地上，人类长期与水害作斗争，开挖河道，围圩筑堤，防洪排涝，垫高田面土层，建设了圩田。由于微地形的变化和人为垫高土层的差异，分化出头进田、二进田、三进田与圩心田。海拔高度一般低于4米(吴淞标高)，最低处仅2米左右，累计高差达1.5—2.0米。分布着不同发育阶段的漏水水稻土。有人估算，每年每亩施40—50担河泥，大约60—70年能够增厚一个耕层，300年可垫高田面1米左右^[6]。这种人工堆叠土层的厚薄多随

距河道远近而不同，近者则厚，远者则薄。地下水对成土过程的影响以及土壤脱潜育程度也因之而异。随着头进田到圩心田的演替，形成圩区所特有的土壤组合与复区。

头进田 地形部位最高，距河近，人工土层80—100厘米，旱季地下水位一米以下，灰蓝色的潜育层亦在一米左右土层出现，渗透层明显发育，耕层、犁底层分化完全，逐渐向漏水水稻土演变。如鳝血乌山土，耕层已出现“鳝血”斑块，属完全脱沼底潜型水稻土。稻麦两熟，高产稳产，是圩区肥力最高者。

二进田 地形稍低，人工土层60—70厘米，旱季地下水位一般为70—80厘米，潜育层在60厘米以下，渗透层紧接在犁底层下，土层分化较明显。如乌山土，已基本脱沼，发育为中潜型水稻土。稻麦两熟，产量较高，其中旱作常受渍涝威胁。

三进田 地势更低，人工土层40—50厘米，旱季地下水位在50厘米上下，潜育层在30—40厘米处出现，土层分化不明显。如竖头乌山土，开垦年代短，属于初脱沼或半脱沼的全潜型水稻土。种植一熟水稻，常有洪涝为害，产量较低。

圩心田 离河最近，逐渐向地形部位最低的圩心过渡。人工土层仅20—30厘米，旱季地下水位常在30厘米上下，具有明显的沼泽土特征。如青紫泥，耕层以下即可能出现灰蓝色的潜育层，没有土层分化，仅植一季水稻，产量最低。

土壤的养分状况也具有相应的变化规律。随着地

形降低，地下水位抬高，耕层有机质、氮、磷等养分含量逐渐增加。图5表示微地形变化与耕层有机质含量之间的线性关系，其相关形式虽和丘陵地区一致，但在对作物产量上的意义却恰恰相反。随着人工土层的增厚，耕层粘粒含量随之减少。以太仓县西郊公社为例，高圩田(相对高程3—4米)耕层粘粒平均含量为7.3%，低圩田(相对高程2.8—3.0米)为12.3%，圩心田(相对高程为2.4—2.8米)为21.2%。

此外，地下水位的升降与作物产量特别是三麦产

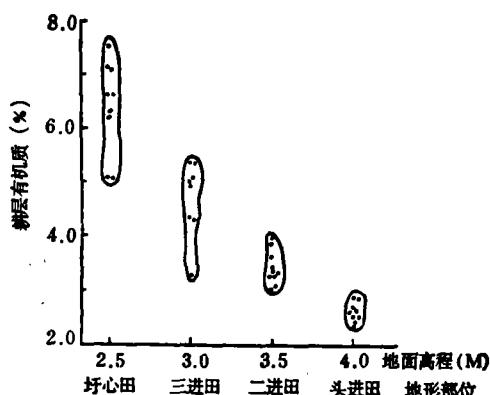


图5 坊区水稻土耕层有机质含量与农田类型的关系

量的关系在一定范围内也呈直线相关(图6)，因此，如控制春季地下水位在一定的深度以下，小麦产量显著增加，反之则大幅度减产。据苏州地区多年的调查资料表明[7]：地下水埋深不到0.2米时，小麦几乎颗粒无收；从0.2米降至0.5米左右时，每亩增产200斤左右；从0.5米降至0.8米左右时，可增产100斤左右；从0.8米降到1.2米，还可增产60斤左右。

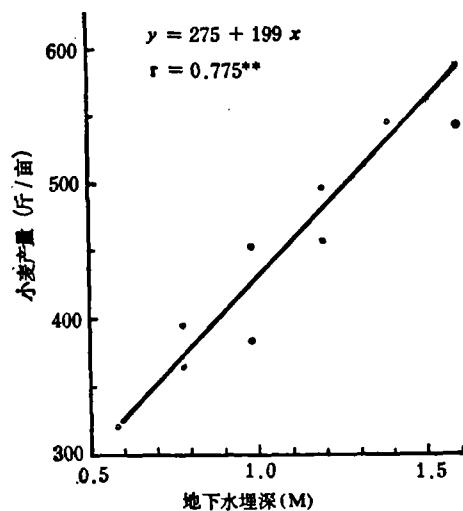


图6 坊区春季地下水埋深与小麦产量的关系

参 考 文 献

- [1] 侯学煜：川黔境内水稻与地形气候和土壤的关系。中国土壤学会会志，137—138页，1950。
- [2] 曹升庚：南方水田土壤的几种主要水分类型及其与土壤性质和肥力的关系。土壤通报，第6期，第60页，1959。
- [3] 徐琪、费振文、陆彦椿：江苏省黄土丘陵上土壤分布规律、发生特点及其利用。土壤通报，第3期，13—14页，1964。
- [4] 徐琪、刘元昌等：中国太湖地区水稻土。上海科技出版社，1980。
- [5] 于天仁、谢建昌等：太湖流域低产“白土”的成因及其改良。土壤学报。7(1—2): 42—58, 1959。
- [6] 雷文进：江苏省里下河土壤的发生和改良。土壤学报，7(3—4): 227—228, 1959。
- [7] 江苏省水利局：坊区的规划和治理。第91页，水利电力出版社，1978。

(上接第222页)

参 考 文 献

- [1] Brian E. Davies, Applied Soil Trace Elements. 259—283, John Wiley and Sons, New York, 1980.
- [2] 中国科学院南京土壤研究所主编，中国土壤，405—415页，科学出版社，1978。
- [3] Swaine, D. J. and Mitchell, R. L., J. Soil Sci., 11:347—268, 1960.
- [4] Follett, R. H. and Lindsay, W. L., Colo. Agr. Exp. Sta., Tech. Bull. 110, 1970.
- [5] Boawn, L. C. and Leggett, G. E., Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28: 229—232, 1964.
- [6] Brown, A. L., Krantz, B. A. and Eddings, J. L., Soil Sci., 110: 415—420, 1970.
- [7] 吴兆明，微量元素生理作用的研究现状。中国科学院微量元素学术交流汇刊，12—13页，科学出版社，1980。
- [8] 邹邦基，水稻的锌素营养与锌肥的施用。土壤学进展，第3期，2—8页，1982。