

浙江省水稻土壤基本肥力与水稻最高可得 产量之间的关系探讨(初报)*

王竺美 周鸣铮
(杭州市农科所) (浙江省农科院土肥所)

STUDIES ON THE RELATIONSHIP BETWEEN SOIL BASIC FERTILITY AND PEAK OUTPUT OF RICE IN PADDY SOILS OF ZHEJIANG PROVINCE

(PRIMARY REPORT)

Wang Zhu-mei
(*Institute of Agricultural Science, Hangzhou*)

Zhou Min-zheng
(*Institute of Soil and Fertilizer, Zhejiang Academy of Agricultural Science*)

一、前 言

为了实现农业现代化,加快粮食生产,农业科学工作者正在从各个角度研究提高单位面积产量的规律。水稻占我国粮食总产量百分之七十以上;故研究影响于水稻产量的各种客观因子更具有现实意义。根据土壤科学与植物营养的原理,在品种性能与气候条件既定的前提之下,我们认为决定水稻产量的关键因子乃是土壤的养料肥力以及对水稻的养料供应状况。当然,我们又必须先假定:(1)地区气候(纬度基本相同)、水稻品种(均为广陆矮四号)、水稻前作(均是大小麦)、对水稻生产的各项栽培技术等基本一致,(2)对水稻的水分管理方法基本一致,(3)土壤内及土壤以外均不存在其它特殊的障碍因素,例如有毒物质或病虫害等等。

上述前提与先决条件在一般情况下都是可以成立的。因此,对一定的水稻品种争取获得最高产量,我们所采取的主要技术措施无不集中于土壤培肥与合理施肥这两方面。

根据本文作者的大量试验与调查,认为水稻土壤的基本肥力在很大程度上决定一块田地最高可获得的水稻产量。肥料施用确实可以有效提高水稻产量,然而其提高的程度与土壤基本肥力密切相关。土壤基本肥力越高,施肥对水稻增产的作用则相对减小。

因此,我们认为水稻土壤的基本肥力可据以预测水稻最高可得产量,而施肥可以在这

* 本试验的地区范围为浙江省杭州、绍兴、宁波三个地区,处于北纬 30°C 左右的老水稻区域。

个范围之内发挥其最大作用。企图单纯以大量施用化学肥料来获得“不断高产”，不但是不可能，而且是造成浪费，提高成本，少增产或不增收甚至不增产而减产的主要原因。

本文试图通过大量试验资料的分析整理，然后以数学式子来表达土壤基本肥力与水稻最高可得产量之间的关系。这一经验公式的初步确定将有助于因土定产，然后再因产定肥和以肥保产；不但可以保证获得水稻最高可得产量而且可以防止肥料浪费从而使农民增产增收。

二、经验公式

什么是土壤基本肥力？要回答这个问题并不简单。众所周知，土壤肥力是一个综合概念。它既包括养料的有效供应量，又包括影响养料最佳存在状态与供应状态的各种土壤条件。在通俗的文章中，常用土壤中“水、肥、气、热”的互相关系来说明土壤基本肥力。本文作者正在试图分析土壤中主要养料的有效含量，测定影响养料状态与其供应状况的各种土壤因子，然后用多元回归法确定一个数式来适当程度地表达土壤基本肥力。

在本文中我们可初步认为：当气候条件、水稻品种、栽培技术、水稻前作等项均基本一致的前提下，似可用土壤的“基础产量”来表达水稻土壤的基本肥力。这种方法应用起来还不够方便（将来拟用一些测定的数值及其回归式子来代替）然而有其一定的科学性。因为正是这个“基础产量”值集中地反映了未施肥的水稻土壤中各种影响于水稻产量的肥力因子。因此，“基础产量”值乃是土壤基本肥力的较为全面的参比值；也是最主要的参比值。土壤性质与土壤养料含量等测定值以及回归式是否足以（或在何种程度上）说明土壤基本肥力还应看它与“基础产量”值之间的相关性如何。故在本文中首先讨论“基础产量”与水稻最高可得产量之间的数学关系。

根据浙江省杭州、绍兴、宁波地区老水稻区域中 51 个试验点的水稻“基础产量”与其相应的最高产量之间的坐标关系得到了如图 1 所示的曲线*。图中纵坐标 y 为实际最高可得产量，横坐标 x 为其空白田的“基础产量”，两者的单位均为斤/亩。通过贝塞尔或然误差计算，求得 $r = \pm 29.6$ 。误差落在 ± 29.6 之间占 61%，超过验证所规定的 50%^[1]。曲线相关指数按规定方法计算^[2]，求得 $R^2 = 0.90152^{**}$ ，相关性极显著。故散点与所配曲线的拟合程度是相当好的。横坐标的最低值为 280，在这以下的数值不取用，认为可能存在其它影响水稻正常生长的障碍因子；横坐标的最高值为 880，在这以上的数值很少发现。

试验点分布在浙江省杭州、绍兴、宁波三个地区，其纬度与气候条件基本相同。水稻产量除注明者外均为连作早稻产量。前作均为大小麦，品种均为广陆矮四号，栽培与水分管理在各点之间均基本一致，但在一个点之内在最高产量区与“基础产量”区之间则完全一致。

对图 1 的曲线进行数学处理，并用经验公式来表示。此时可适用的经验公式的形式有下述两种^[3]。

$$(1) \quad y = a + bx + cx^2$$

* 新改水稻田不在本文研究范围之内，51 个试点材料来自 1974—1979 年。

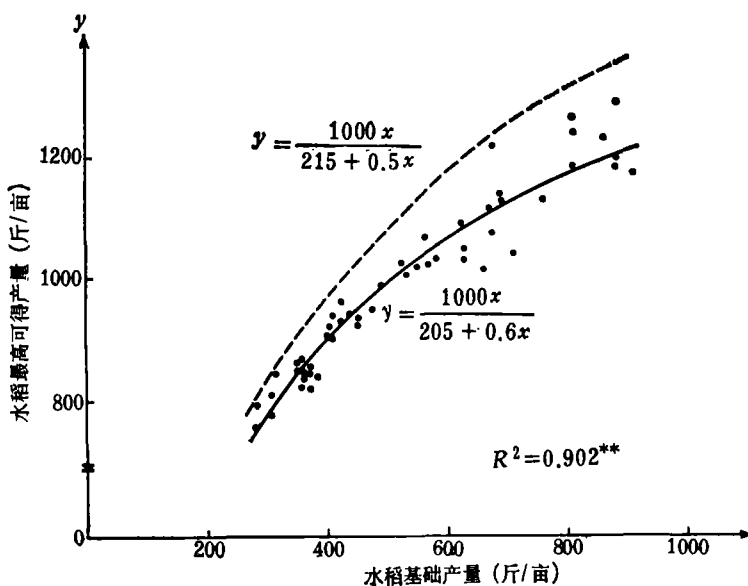


图 1 水稻最高可得产量与其“基础产量”之间的回归关系

(2)
$$y = \frac{x}{a + bx}$$

在上述两种形式中，(1)式普遍用来表达养料供应量与产量之间的关系，此时系数 c 为负值，表示 x 大于某一值以后 y 之值随 x 增大而减小。在“基础产量”与最高产量之间的关系中不存在这种情况。又为了计算方便与实用，有意取消 x 的两次项，故采用式 (2) 的形式。通过系数配合，得到可用来说明图 1 所示曲线实线的式子如下：

$$y = \frac{1000x}{205 + 0.6x}$$

上式的平均准确性可达到 95.6%，亦即实际丰产产量对公式计算所得的最高理论产量之差一般不超过 4.4%。

三、经验公式的验证

(一) 验证经验公式的数据

把 1974—1979 年 51 个试验点的丰产栽培试验结果列于表 1 之中，已足可验证上述公式的基本可靠性。

(二) 上限产量与极限产量

图 1 中实线及其周围点子的纵坐标值，在本文中称为“上限产量”它们都是水稻丰产试验中足肥区的实际产量。这些产量值是否还有进一步提高的可能呢？那取决于栽培、水分管理的水平，其结果可表现在稻谷的结实率上面。当栽培、水分管理完善时，理论结实率为 95%，但在实际丰产栽培结果中往往达不到理论结实率。这就说明水稻栽培、水分管理水平还有提高的可能性。我们把图 1 中各点的纵坐标值，再按其实际结实率提高到理

表 1 经验公式的验证数据

编 号	试 点 单 位	基础产量 (斤/亩)	丰产栽培产量 (斤/亩)	公式计算产量 (斤/亩)	从计算公式推算因 土定产产量趋势
1	富阳县桐桥公社农科站	280	754	751	基础产量大于 255 斤/亩, 丰产栽培产 量可超过 700 斤/亩
2	富阳县桐桥公社陈林农科队	280	791	751	
3	临安县堰口公社农科站	305	782	786	
4	临安县堰口公社农科站	305	803	786	
5	富阳县胥口公社帮坎农科队	310	841	793	
6	临安县堰口公社农科站	351	845	845	基础产量大于 320 斤/亩, 丰产栽培产 量可超过 800 斤/亩
7	临安县堰口公社农科站	351	855	845	
8	上虞县农科所	353	862	847	
9	富阳县大青公社铁炉口农科队	357	817	852	
10	淳安县叶家公社农科站	358	840	853	
11	淳安县叶家公社农科站	358	846	853	
12	建德县乾潭公社农科站	360	848	855	
13	富阳县大源公社前进农科队	366	809	862	
14	富阳县大源公社前进农科队	366	829	862	
15	富阳县新义公社千家村农科队	375	827	872	
16	富阳县新义公社千家村农科队	398	907	897	
17	富阳县农科所	401	911	900	基础产量大于 400 斤/亩, 丰产栽培产 量可超过 900 斤/亩
18	富阳县农科所	403	901	902	
19	富阳县农科所	403	944	902	
20	富阳县大源公社前进农科队	420	921	919	
21	富阳县大源公社前进农科队	420	952	919	
22	富阳县环山公社农科站	437	937	935	
23	杭州市农科所	445	938	943	
24	杭州市农科所	453	934	950	
25	富阳县环山公社农科站	475	946	969	
26	建德县乾潭公社农科站	495	986	986	
27	临安县吉口公社桥西农科队	530	1004	1013	基础产量大于 500 斤/亩, 丰产栽培产 量可超过 1000 斤/亩
28	富阳县灵桥公社红星农科队	531	1016	1014	
29	杭州市西湖区工农农科队	547	1017	1026	
30	临安县吉口公社农科站	565	1060	1039	
31	杭州市农科所	573	1017	1044	
32	富阳县春江公社八一农科队	580	1030	1049	
33	绍兴县东湖农场	628	1018	1079	
34	绍兴县东湖农场	628	1043	1079	
35	绍兴县东湖农场	628	1086	1079	
36	西湖区祥符公社工农农科队	664	1006	1100	基础产量大于 650 斤/亩, 丰产栽培产 量可超过 1100 斤/亩
37	临安县吉口公社桥西农科队	680	1114	1109	
38	临安县吉口公社桥西农科队	680	1222	1109	
39	临安县吉口公社桥西农科队	680	1074	1109	
40	杭州市农科所	690	1135	1115	
41	宁波地区农科所	694	1126	1117	
42	余杭县翁梅公社农科站	709	1035	1125	
43	临安县吉口公社桥西农科队	766	1124	1153	

续表 1

编号	试点单位	基础产量 (斤/亩)	丰产栽培产量 (斤/亩)	公式计算产量 (斤/亩)	从计算公式推算因 土定产产量趋势
44	余杭县卜陆公社长征农科队	810	1078	1172	基础产量大于 800 斤/亩, 丰产栽培产量 可超过 1200 斤/亩
45	余杭县卜陆公社长征农科队	810	1238	1172	
46	余杭县卜陆公社长征农科队	810	1260	1172	
47	鄞县新乐良种场	860	1230	1193	
48	余杭县卜陆公社长征农科队	880	1180	1201	
49	余杭县卜陆公社长征农科队	880	1198	1201	
50	余杭县卜陆公社长征农科队	880	1290	1201	
51	绍兴县农科所	909	1116	1211	

注: 编号 40 为单季杂优, 其余均为“广陆矮四号”。

表 2 水稻最高可得产量的幅度分级

基础产量(斤/亩) (代表土壤基本肥力)	丰产栽培定产指标(斤/亩)	
	上限产量	极限产量
255—320	700—800	745—850
320—400	800—900	850—960
400—500	900—1000	960—1100
500—650	1000—1100	1100—1200
650—800	1100—1200	1200—1300
>800	>1200	1300—1570

论结实率而改算之, 则得到如图中虚线所示的“极限产量”, 这个产量是在高度完善的栽培和水分管理之下可以争取到的一个限度, 倘以数式表示之, 则为:

$$y = \frac{1000x}{215 + 0.5x}$$

图 1 中有些点子实际上已落在虚线上或其邻近, 这就说明这些试验点中的各种管理水平最为完善, 使得稻谷的结实率达到或接近 95%。虚线的位置又说明结实率超过 95% 的情况在实际上是不存在的。

把“基础产量”、“上限产量”及“极限产量”分别分为若干等级而排列之, 可得到如表 2 所示的“水稻最高可得产量按其基础产量之分级标准”。这些数字对于水稻丰产栽培及施肥计划之制订具有参与指导的意义。

(三) 调查研究与进一步验证

表 3 与表 4 所示数据为我们于 1980 年及 1981 年在数十个水稻丰产试验中设置基础产量区而获得的材料。

表3 经验公式进一步验证(1980年)

编号	试验单位	土种名称	基础产量 (斤/亩)	经验公式定产指标 (斤/亩)		丰产栽培 实收产量 (斤/亩)	完成指标(%)	
				上限	极限		上限	极限
1	杭州市农科所	潮闭田	620	1075	1181	940	87.4	79.6
2	杭州市农科所	潮闭田	615	1071	1177	964	90.0	81.9
3	西湖区龙心大队	粉沙田	635	1084	1192	1001	92.3	84.0
4	富阳县农科所	青丝泥	740	1040	1265	1031	99.1	81.5
5	富阳县春江公社建设大队	泥沙田	508	997	1083	925	92.8	85.4
6	富阳县胥口帮坎农科队	泥沙田	330	819	868	740	90.4	85.3
7	富阳县胥口帮坎四队	泥沙田	240	688	716	650	94.5	90.8
8	富阳县大青铁炉口一队	泥沙田	515	1002	1090	970	96.8	90.0
9	富阳县大青铁炉口四队	泥沙田	522	1007	1097	956	94.9	87.1
10	富阳县灵桥红星大队	泥沙田	660	1098	1211	1059	96.4	87.4
11	富阳县千家村农科队	泥沙田	407	906	973	913	完成	93.8
12	临安县临天新民大队(原县委试验田)	泥沙田	1032	1252	1412	1205	96.2	85.3
13	临安县堰口观新农科队	泥沙田	677	1108	1223	985	88.9	80.5
14	临安县堰口叶圩大队	泥沙田	390	888	951	742	83.6	78.0
15	临安县吉口桥西大队	砾心泥沙田	603	1064	1167	1038	97.6	88.9
16	临安县吉口桥西大队	砾心泥沙田	600	1062	1165	1021	96.1	87.6
17	临安县吉口桥西大队	砾心泥沙田	739	1140	1264	1075	94.3	85.0
18	绍兴地区农科所	青紫泥	742	1141	1266	973	85.3	76.9
19	绍兴县农科所	青紫泥	608	1067	1171	925	86.7	79.2
20	绍兴县农科所	青紫泥	885	1202	1346	1114	92.7	82.8
21	宁波新乐良种场	黄斑坪	899	1208	1353	1088	90.0	80.4

表4 经验公式进一步验证(1981年)

编号	试验单位	土种名称	基础产量 (斤/亩)	经验公式定产指标 (斤/亩)		丰产栽培 实收产量 (斤/亩)	完成指标(%)	
				上限	极限		上限	极限
1	杭州市农科所	潮闭田	789	1163	1295	1125	96.7	86.9
2	杭州市农科所	潮闭田	789	1163	1295	1094	94.1	84.5
3	杭州市农科所	潮闭田	530	1013	1104	1004	99.1	90.9
4	杭州市西湖区龙心大队	粉沙田	800	1168	1301	1109	94.9	85.2
5	余杭县良诸公社联合五队	青紫泥	870	1197	1338	1057	88.3	79.0
6	余杭县农科所	青紫泥	922	1216	1364	1044	85.9	76.6
7	富阳县胥口公社帮坎大队	泥沙田	480	974	1055	818	84.0	77.5
8	富阳县农科所	青丝泥	600	1062	1165	1035	97.5	88.8
9	富阳县农科所	青丝泥	600	1062	1165	1041	98.0	89.4
10	肖山县昭东公社团结大队	粉泥田	692	1116	1234	1097	98.3	88.9
11	肖山县昭东公社团结大队	粉泥田	692	1116	1234	1082	97.0	87.7
12	肖山县昭东公社团结大队	粉泥田	692	1116	1234	1063	95.3	86.1
13	临安县吉口公社桥西大队	泥沙田	507	996	1082	1030	完成	95.2
14	绍兴县农科所	青紫泥	985	1237	1392	1145	92.6	82.3
15	绍兴县新甸公社株市大队	青紫泥	702	1121	1240	1096	97.8	88.4
16	宁波鄞县福明公社庆丰大队	青紫泥	736	1138	1262	1080	94.9	85.6
17	宁波鄞县福明公社庆丰大队	青紫泥	736	1138	1262	1056	92.8	83.7
18	慈溪县水稻场	泥沙田	793	1165	1297	1075	92.3	82.9
19	象山县南庄公社友谊大队	灰泥田	600	1062	1165	1018	95.9	87.4
20	奉化县亭下公社西源大队	泥沙田	330	819	868	800	97.9	92.2
21	奉化县海沿科技组	淡涂泥	792	1164	1296	1080	92.8	83.3
22	富阳县大源公社前进大队	青心泥质田	419	918	987	985	完成	99.8
23	富阳县大源公社前进大队	青心泥质田	419	918	987	941	完成	95.3

四、讨 论

(一) 经验公式合理性原因探讨

根据本文作者数年来的试验与调查,可认为上述经验公式基本符合浙江省杭州、绍兴、宁波老水稻区的实际情况。总的来说就是:土壤基本肥力决定水稻最高可得产量;但土壤基本肥力越高时,水稻最高可得产量按曲线经验公式上升,而施肥的增产效果则愈趋减小。上述论点在土壤肥力学上的合理性究竟如何?我们初步认为是符合近年来土壤肥力研究结论的。首先,近年来的研究结果证明水稻生长中所吸收的来自土壤的养料超过来自肥料的养料。在水稻总吸收氮中,土壤氮占70—77%^[4]。在水稻总吸收磷、钾中,土壤磷与钾均占60—70%^[5]。在这中间对水稻产量起决定因素的乃是土壤供氮;对中等及较高肥力的老水稻土来说,磷与钾不但对水稻增产效果较小,而且水稻土壤的长期淹水更有利于土壤中磷与钾有效度的提高^[6,7]。其次,任何品种的水稻之产量与吸肥量在固定的外界条件下均有其限度。土壤基本肥力愈高,吸收土壤养料的比数愈多,化学肥料的吸收量与增产作用自然减小。日本水稻研究工作者山下镜一,根据土壤肥力观点综合了近年来水稻丰产研究的成果,推算出目前水稻最高产量界限为每10公顷1吨糙米^[8](折稻谷亩产1568斤),这个数字与本文中公式(2)所算出极限最高产量亩产为1570斤十分符合。

(二) 应该重视培养提高水稻土壤的基本肥力

土壤基本肥力的意义已如上述。如何提高土壤的基本肥力?总的来说,尽可能增施有机肥料,使其占总养料供应量的二分之一,决不能少于三分之一,则土壤基本肥力将逐年提高。因为有机肥料既供应养料又改善土壤条件。有机质在腐植化后所含养料即转化成为土壤养料。表5的数据提供一个例子说明土壤“基础产量”的逐年提高带来了丰产栽培产量的逐年提高。数据来自浙江富阳县大源公社前进一队。面积为30亩,水稻品种为广陆矮四号,豆科绿肥轮栽。

表5 水稻基础产量的提高导致应得产量的提高

年 份	基础产量(斤/亩)	丰产栽培产量(30亩) (斤/亩)	其中一块最高产量(2亩) (斤/亩)
1976	366	646	802
1977	403	809.4	944
1978	—	856	911
1979	422	952	986

(三) 经验公式对水稻生产的指导意义

经验公式首先对老水稻区水稻的最高可得产量作了规范,避免了在水稻生产中盲目追求高产而造成大量浪费农本现象。其次,根据经验公式的“因土定产”可以接下去“因产定肥”,为制订好肥料规划提供科学依据。第三,经验公式可以作为土壤测定与植株分析之补充,最后达到合理施肥之目的。第四,把根据经验公式之计算产量以及实际获得的

产量进行比较,可据以判断水稻生产中栽培管理措施的水平及其合理程度,为改进水稻栽培管理措施争取大面积均衡高产打下基础。

参 考 文 献

- [1] 山下镜一,1979: 水田有机肥的效果与问题。日本土壤肥科学杂志,49卷(特集号),52—60页。
- [2] 中国科学院数学研究所数理统计组编,1974: 回归分析方法。科学出版社。第50—51页。
- [3] 冯颀师编,1964: 误差理论与实验数据处理。科学出版社。第105页。
- [4] 周鸣铮、于文涛、方樟法,1976: 土壤速效氮的测定方法。土壤第5—6期,第316页。
- [5] 高等学校教科用书,1960: 高等数学。高教出版社。155—179页。
- [6] Chang, S. C., 1976: Phosphorus in submerged soils and phosphorus nutrition and fertilization of rice. The fertility of paddy soils and fertilizer application for rice. FFTC, 93—116.
- [7] Lin, C. F., 1978: The fertility of paddy soils in Taiwan. FFTC, No. 41.
- [8] Su, N. R., 1976: Potassium fertilization of rice. The fertility of paddy soils and fertilizer application for rice. FFTC, 117—148.