

# 长江三峡库区耕地土壤的氮肥增产潜力 和有机肥源的利用\*

车玉萍 林心雄 吴顺龄

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘要

研究了长江三峡库区耕地的碳、氮储量,光合产物量及其影响因子,对库区耕地的氮肥增产潜力进行了试验并作出评价。认为推广留高茬等技术措施,可以提高养分的再循环率。

长江三峡库区后备耕地资源较匮乏,因此,提高现有耕地的单位面积产量是该区增加粮食产量的主要途径。研究三峡库区耕地土壤的增产潜力及有机肥源利用的可能性,对于评估该地区土地承载能力是十分重要的。

## 一、库区土壤的碳氮储量和光合产物量

三峡库区生物气候,成土母质和地形条件十分复杂,土壤的利用方式各异,不同土壤的碳氮含量各不相同。

### (一)成土母质及利用方式对土壤C、N含量的影响

据对典型地段的调查,不同母质发育的土壤,其表土的C、N含量差异较大(表1)。除荒地外,石灰岩发育的土壤,表土中C和N含量均较高;花岗岩发育的次之;紫色砂泥岩的最低。同一母质发育的土壤,无论是C含量,还是N含量,大多以水田高于旱地。由于库区坡耕地面积所占比重较大<sup>[1]</sup>,土壤C、N含量的平均水平若按不同类型土壤面积的比例统计,则

表1 库区内土壤利用方式对C、N含量  
(克/千克)的影响

本区耕地土壤的C及N平均含量分别较长江下游土壤低40%和28%。

### (二)海拔高度对土壤C、N含量的影响

库区耕地土壤的C、N含量呈明显的垂直分布。在区内,海拔每升高100米,年均温平均下降0.6℃,由于受年均温下降的影响,土壤有机质分解缓慢,土壤C、N含量随海拔的上升而增加。据宜昌地区秭归县的测定结果:海拔低于1200米的土壤,有机质的平均含量为16.3克/千克;海拔在1201至1600米的土壤,有机质含量增至21.1克/千克。对典型地段的调查分析也表明,土壤

成土母质	利用方式	C	N	C/N
石灰岩	荒地	19.3±18.8	1.50±1.03	12.2±3.9
	旱地	10.2±4.0	1.21±0.04	8.3±1.3
	水田	17.6±1.5	1.95±0.14	9.1±0.3
花岗岩	荒地	22.3±29.0	1.54±1.99	16.0±4.5
	旱地	7.59±2.45	1.33±1.44	9.0±3.6
	水田	12.5±0.4	1.21±0.04	10.3±0.1
紫色砂 泥岩	荒地	14.9±2.4	0.52±0.25	9.7±1.7
	旱地	5.22±1.52	0.62±0.201	8.6±1.0
	水田	11.1±3.2	1.18±0.29	9.3±0.6

\*本项研究为国家(75—16—06—07)攻关课题的部分总结。田间试验和土壤、植株等样品的采集,得到宜昌、万县地区土肥站的大力协助,特此致谢。

C、N含量也是随海拔的上升而增加(表2)。

### (三)耕地土壤中的碳、氮储量

库区不同类型耕地土壤的碳储量受成土母质和轮作施肥制度的影响而呈一定规律性的变化(表3)。例如，无论水稻土或旱地土壤，其耕层中的碳储量均以石灰岩母质发育的为高，其次为花岗岩母质，紫色砂泥岩发育的则较低；同一母质发育的土壤，水稻土耕层的碳储量明显地高于旱地土壤耕层中的碳储量。但氮储量的变化无规律可言。例如，不同成土母质发育的水稻土，其耕层的氮储量以石灰岩母质发育的为高，其次为花岗岩和紫色砂泥岩母质；而旱地土壤耕层中的氮储量则依次为：花岗岩母质>石灰岩母质>紫色砂泥岩母质。

在同一生物气候带内，作物的光合产物量是土壤生产能力的标志之一。库区耕地土壤上的光合产物量合计为1300万吨左右，其中碳量约为571万吨，氮量约为16万吨。按耕地面积平均计，库区每亩耕地的光合产物量平均为738公斤，其中碳量为327公斤，氮量为9.4公斤。

表2 海拔高度对旱地土壤C、N含量的影响

土壤类型	成土母质	海拔<600米地段			海拔>600米地段		
		C克/千克	N克/千克	C/N	C克/千克	N克/千克	C/N
耕种黄色石灰土	石灰岩	8.75	1.10	8.0	12.8	1.40	9.1
耕种黄棕壤	花岗岩	7.71	0.759	10.2	9.62	0.984	9.8
耕种紫色土	紫色砂泥岩	4.81	0.607	7.9	6.52	0.709	9.2

表3 本区耕层土壤中的碳氮储量 (0—20厘米)

土壤类型	成土母质	容重*(百万克/每立方米)	碳储量(吨/亩)	氮储量(吨/亩)
耕种黄色石灰土	石灰岩	1.35	1.84	0.218
耕种黄壤	花岗岩	1.41	1.40	0.260
耕种紫色土	紫色砂泥岩	1.40	0.970	0.129
典型石灰性水稻土	石灰岩	1.35	3.19	0.353
硅铁质水稻土	花岗岩	1.30	2.16	0.210
硅铝质水稻土	紫色砂泥岩	1.30	1.93	0.205

\* 宜昌地区土肥站资料，以平均值计(1985)。

## 二、库区耕地的供氮量和肥料氮的增产效率

我们研究了本区3种主要类型土壤的供氮特点及肥料氮的增产效率，主要结果如下：

### (一)耕地对不同作物的供氮量

库区不同类型土壤对小麦和玉米的氮素供应能力差异很大，并与土壤的全N量和作物的需氮特性有关。当供试土壤的全N量为0.6—2.0克/千克时，土壤对小麦的供N量在1.09—6.77公斤/亩之间；对玉米的供N量在0.76—7.71公斤/亩。在土壤全N量为1.2—2.0克/千克时，土壤对水稻的供N量在2.36—3.29公斤/亩之间。如以土壤对一季作物的平均供N量计，则该区耕地土壤对小麦的供氮量最大，达3.44公斤/亩；其次是对水稻的供氮量，为2.78公斤/亩；对玉米的供氮量最小，为2.51公斤/亩。

此外，土壤性质、前茬作物的种类和肥料用量以及水土流失等对土壤供氮量也有一定的影响。据对有关资料估算，库区有1.26万平方公里农地，每年泥沙侵蚀量达9450万吨。平均每亩农地的年侵蚀量达5000公斤，其中当然也包含相当数量的土壤养分。

库区耕地土壤对作物(一季)的供N量占作物需N量的比例虽因作物而异，但一般较低。例如，小麦占30%，水稻为19%，玉米为16%。而太湖地区土壤对作物(一季)的供氮量约占作物需N量的45—82%<sup>[2]</sup>。可见，库区作物对土壤N素的依赖性很小，若欲获得较高的产量，必须投入较多的氮肥。

## (二)耕地的氮素年矿化量

库区3种不同母质发育的水田和旱地土壤，其氮素的年矿化量有一定的差异。旱地土壤的氮素年矿化量依次为耕种紫色土>耕种黄色石灰土>耕种黄壤；水田土壤的年矿化量，硅铝质水稻土与典型石灰性水稻土相近似，而硅铁质水稻土较低(表4)

表4 不同类型耕地土壤的氮素年矿化量

土壤类型	利用方式	土壤氮素年矿化量 (公斤/亩)
耕种黄壤	旱地	3.3
硅铁质水稻土	水田	5.2
耕种黄色石灰土	旱地	6.3
典型石灰性水稻土	水田	6.4
耕种紫色土	旱地	6.7
硅铝质水稻土	水田	6.3

库区耕地土壤N素的平均年矿化量约为5.6公斤/亩，而太湖地区为8.6公斤/亩<sup>[4]</sup>。

## (三)肥料氮的增产效果

关于这个问题，在鄂西、川东以及长江冲积土上已进行了一些试验，并有所报道<sup>[3]</sup>，但缺少高海拔地区的材料。为此，我们在库区海拔300米左右地段选择了3种主要类型土壤(有机质含量为5.4—18.2克/千克，全氮含量在0.6—2.0克/千克)布置了氮肥增产效果试验，共204个小区。供试作物为水稻、玉米和小麦。水稻、玉米按亩施纯氮0、4、8、12公斤4个等级；小麦试验按每亩纯氮用量为0、4、7和10公斤4个等级进行。试验以磷钾肥为底肥。小区面积一般为20平方米，3次重复，随机排列。试验得到如下结论：

1. 尿素对供试的3种作物均表现出明显的增产趋势，其中尤以玉米和水稻的增产效果最为显著(表5)。

表5 尿素适宜用量时的增产效果

作物	试验数	作物产量( $\bar{x} \pm SD$ 公斤/亩)			每公斤尿素N的增产量(公斤)
		无N区	适宜用量时	增产	
小麦	6	126 ± 36	183 ± 53	57 ± 34	8.0 ± 3.2
玉米	6	125 ± 54	380 ± 222	255 ± 206	16.9 ± 10.8
水稻	5	307 ± 50	438 ± 49	131 ± 21	10.3 ± 2.7

表5表明，在尿素适宜用量时，水稻和玉米的每亩增产量分别可达130公斤和250公斤左右，小麦的增产量为每亩57公斤。若以每公斤尿素N的增产量计，玉米为16.9公斤，水稻为10.3公斤，小麦为8.0公斤。看来，在库区，尿素对水稻的增产效果较太湖地区低1/3左右，而小麦的增产效率仅略低于太湖地区。

2. 以纯氮计，库区水稻和玉米的尿素适宜用量，分别为12.5公斤/亩和13.8公斤/亩；但小麦的尿素适宜用量约为7公斤/亩。而各作物对尿素N的利用率大体相近，在31—33%之间。该值低于太湖地区尿素N的利用率(35—37%)<sup>[4]</sup>，库区坡耕地多和石灰性土壤面积大是造成尿素N损失，导致氮素利用率低的主要原因。

## 三、库区有机肥源及利用

据1985年统计，三峡全区有机物质资源(包括农村生活废弃物在内)一年总计为4405万吨

(垃圾及家禽排泄物等未计入),其中人粪尿为3700万吨;作物秸秆等为500万吨。每年可提供N 12.8万吨;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10.9万吨和K<sub>2</sub>O 21.5万吨,它们约相当于尿素28万吨;过磷酸钙78万吨;氯化钾41万吨。然而,本区多为丘陵山区,有机肥料的收集和运输极为不便,加之牲畜又多放养,粪肥散失较多。全区每年作为燃料耗去的作物秸秆相当多。近几年由于种植结构的变化,绿肥种植面积也在减少。此外,全区现有野生绿肥一千多万亩,但这部分资源基本上没有被利用。

### (一)有机肥源的利用

据1985年统计,本区有机肥源中已利用的达1527.7万吨。其中猪粪尿的利用量最多,占有机肥料总利用量的63%;其次是牛粪尿,占总利用量的14%;牲畜粪尿加上人粪尿的用量总计达1309万吨,占有机肥料总用量的86%,而作物秸秆、草木灰、饼肥和绿肥等的利用量仅占总利用量的14%。故而本区有机肥料的平均施用量低于太湖地区。

### (二)有机肥料中的养分含量

库区主要有机肥料的养分含量列于表6。由表可见,本区人畜粪中的养分的平均含量较下

游地区的测定结果低,这主要由于两地食物或饲料结构的差异所致。另外,本区作物秸秆中N和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的含量与高产地区的测定结果相近,但K<sub>2</sub>O的含量却高得多。

根据各种有机肥料的施用量及其养分含量,本区1985年以有机肥料施入耕地的N,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,K<sub>2</sub>O总量为16.68万吨,其中N N为4.44万吨;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.78万吨;K<sub>2</sub>O 7.46万吨。平均每亩耕地的施入量为2.54公斤N,2.15公斤P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和4.28公斤K<sub>2</sub>O。从本区的

东部宜昌地区和西部万县地区的有机肥料施用量来看,宜昌地区1985年由有机肥料提供的N和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>比万县地区的要多,特别是N要多30%左右。这是由于宜昌地区比较重视绿肥的种植,目前该地区仍有近40万亩的绿肥面积,而万县地区仅为一万多亩;其次是宜昌地区每亩耕地占有牛1.1头,而万县地区只有0.05头。

### (三)库区耕地的养分平衡

1985年,库区作物累积的N,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和K<sub>2</sub>O量分别为16.11万吨,6.60万吨和18.18万吨,其中以粮食作物累积的养分量最多,为32.91万吨,占作物总累积量的80%;其次为油料作物,累积的养分量为3.68万吨,占9%;经济作物累积的量最少,仅占5%。

1985年,库区耕地土壤的养分投入量和产出量的分析结果列于表7。由表可见,本区耕地土壤中氮素有所盈余。但是,无论化肥N还是有机肥料N,施入土壤后均有不同程度的损失,两者的平均损失率如以37%计<sup>[5,6]</sup>,耕地土壤中氮素仍然年亏缺2.3万吨;磷素的收支平衡状况虽比氮素好些,但有效磷的供应量偏低;而钾素的亏缺状况十分严重,这是由于投入耕地的钾素绝大部分来自有机肥料,而化学钾肥的投入量仅占钾的总投入量的6%左右。

1985年库区养分再循环率N为29%;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>为60%;K<sub>2</sub>O为47%(表8),再循环率较低。其主要原因在于牲畜粪尿的收集率低以及在贮存过程中养分的损失。此外,作物秸秆还田量减少也是原因之一。

但是,就本区有机肥源来看,提高养分再循环率的潜力还是很大的。例如,推广留高茬

表6 库区有机肥料的N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和K<sub>2</sub>O含  
量\* (以千基计/克/千克)

种类	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
人畜粪	22.3 ± 14.6	15.8 ± 6.5	13.3 ± 2.9
稻麦秸秆	7.05 ± 1.80	4.20 ± 3.90	20.3 ± 3.9
油菜秆	5.09	0.205	29.5
桐籽饼	45.0	15.6	16.4

\* 全N用克氏法, P用钼蓝法,K用火焰光度计法测定。

表7 库区耕地的养分平衡状况

(1985年)

	养分量(万吨)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
作物总吸收量	16.11	6.60	18.18
化学肥料用量	17.40	2.52	0.45
有机肥料用量	4.44	3.78	7.46
养分盈亏量	+ 5.70	- 0.30	- 10.30

表8 库区养分再循环比率

(1985年)

项 目	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
作物移走(万吨)	14.96	6.22	16.0
化学肥料(万吨)	17.40	2.52	0.45
有机肥料(万吨)	4.44	3.78	7.46
有机肥料/肥料总量×100	20	60	94
用循环比率(%)	29	60	46

(6寸)<sup>[7,8]</sup>, 改变牲畜散养的习惯以及推广利用有机肥进行沼气发酵等方法, 都能提高养分的再循环率。

### 参 考 文 献

- [1] 徐琪, 论三峡工程对农业生态系统的影响, 应用生态学报, 第2卷, 第1期, 1991。
- [2] 朱兆良, 土壤氮素的矿化和供应, 我国土壤氮素研究工作的现状与展望, 14-23页, 科学出版社, 1986。
- [3] 周法枢、张水生, 小麦新品种鄂恩1号不同施氮量试验初报, 湖北农业科技, 第8期, 10-12页。
- [4] 张绍林等, 关于太湖地区稻麦上氮肥的适宜用量, 土壤, 第1期, 5-9页, 1988。
- [5] 中国农科院土肥所, 中国化肥分区划, 农业科技出版社, 28-31页1986。
- [6] 朱兆良, 黄淮地区石灰性水稻田土壤上不同混施方法下氮肥的去向和增产效果, 土壤, 第3期, 121-125页, 1988。
- [7] 沈洁、汤付华, 麦草直接还田与高留茬的关系, 土壤肥料, 第1期, 22页, 1984。
- [8] Zhe Zhaoliang and Xi zhenbang, Recycling phosphorus from crop and animal wastes in China, p. 115-123 in "IRRI (ed.) phosphorus requirements for sustainable agriculture in Asia and Oceania", 1990.