

# 坡耕地上配合施肥对作物产量的影响

郑剑英 吴瑞俊 翟连宁

(中国科学院西北水土保持研究所)

## 摘要

黄绵土坡耕地上连续 12 年施肥试验的结果表明,施氮肥对提高作物产量的效果不显著,施磷肥效果较好,氮和磷配合施效果更好;有机肥与氮或与氮、磷配施,可大幅度提高作物产量,并可减缓土壤肥力的衰退。

黄土丘陵沟壑区,地形复杂多样,季节性降雨分布不均,土壤发生严重侵蚀,土壤肥力低下,且日趋退化,坡耕地的粮食生产力一般维持在 50kg/亩左右,严重制约了粮食生产。年降水量在 500mm 左右情况下,坡耕地水分生产力仅维持在 0.1kg/mm 左右,而严重制约水分生产力的因子是土壤肥力。因此,在坡耕地面积占总耕地面积 90% 左右的黄土丘陵区,提高坡耕地土壤肥力就成为增加粮食生产的重要途径。由于坡耕地耕层土壤每年被侵蚀掉 1cm 左右厚度的土壤,土壤养分严重退化,因此,如何培肥土壤,提高土壤肥力就成为提高坡耕地生产力的关键。我们通过连续 12 年施肥试验,探讨了配合施肥对作物产量及作物吸收氮磷量的影响,以期为长期合理施肥提供理论依据。

## 一、材料与方法

本试验设在安塞县沿河湾乡崎岖村一坡地上,坡度 19°,坡向北,土壤为黄绵土,旱作,原土壤养分含量:有机质 4.1g/kg,全氮 0.39g/kg,全磷 0.59g/kg,碱解氮 23.8mg/kg,速效磷 1.8mg/kg。

**(一) 处理** 设 7 个处理:(1)对照(CK);(2)氮肥(N);(3)磷肥(P),(4)氮肥+磷肥(NP);(5)有机肥(M);(6)有机肥+氮肥(MN);(7)有机肥+氮肥+磷肥(MNP)。每个处理 3 个重复。

**(二) 肥料用量** 有机肥(含 N, 6.66 克/千克, 含  $P_2O_5$  2.03 克/千克)500kg/亩;尿素(含 N460 克/千克)7.6kg/亩;三料磷肥(含  $P_2O_5$  460 克/千克)3.8kg/亩。

**(三) 轮作方式** 谷子→荞麦→谷子→糜子。一年一熟,4 年为 1 轮作周期。

**(四) 分析方法** (1) 土壤全氮用半微量凯氏法,碱解氮用蒸馏比色法,有机质用丘林法,速效磷用 0.5mol/L 碳酸氢钠法,全磷用钼兰法;(2) 植株的全氮和全磷:先用硫酸-高氯酸消化,然后用半微量凯氏法测氮,钼兰法测磷。

## 二、结果与讨论

### (一) 配合施肥对作物产量的影响

12年施肥试验结果(表1)表明:施氮、磷、氮和磷肥3个处理,12熟作物平均产量比不施肥处理(CK)分别增产8.3%、57.8%和191.7%,说明施氮肥效果不显著,施磷效果较好,氮磷配合施效果更好。施有机肥、有机肥与氮肥配施,以及与氮磷配施3个处理,12熟作物平均产量分别为46.8kg/亩,81.5kg/亩和103.8kg/亩,是对照产量的1.8,3.1和3.9倍。由于氮肥的增产效果不显著,因此,有机肥对作物产量的贡献主要反映在供磷水平上。施有机肥的产量与施磷肥的产量差异较小,有机肥与氮肥配施的产量也与氮磷配合施的产量相似。

表1 坡耕地上各处理的作物轮作周期的产量(kg/亩)

轮作周期	CK	P	N	NP	M	MN	MNP
第一轮作周期	167.1	228	167	322.1	240.8	342.1	442.3
第二轮作周期	79.1	146.2	86.1	299.6	156.5	332.5	404.7
第三轮作周期	69.7	123.6	88.5	256.2	164.2	303.0	398.5
总产量	316	497.8	341.6	927.9	561.5	977.6	1245.5
12熟平均产量	26.3	41.5	28.5	77.3	46.8	81.5	103.8

在长期施氮、磷及有机肥水平较低的情况下,尽管年降雨量不同,肥料无论是单施还是配施,3个轮作周期内产量均呈下降趋势。CK、P、N、NP、M、MN及MNP处理各轮作周期内产量递减速度分别为35.4%,26.4%,27.2%,17.0%,17.4%,5.9%和5.1%。表明在黄土丘陵沟壑区坡耕地上由于化肥及有机肥的投入低,因而不能抑制土壤肥力的衰减,但氮或氮和磷分别与有机肥配施均可减缓土壤肥力的衰减。

在12年试验中,谷子种植6熟(6年),糜子和荞麦各种植3熟。由于很难用3熟作物产量来反映土壤肥力的下降趋势,因此选用隔年种植的谷子产量来反映这种趋势的变化。

坡耕地上连续施肥12年的谷子产量(表2)表明,除MNP处理从1989年以后产量有较大回升外,其它各处理均呈下降趋势,可以用 $y=a+b\log t$ 方程来拟合,各处理拟合方程参数如表3。

表2 坡地耕地配合施肥对谷子产量的影响(kg/亩)

施肥年份	CK	P	N	NP	M	MN	MNP
1983	79.4	87.8	94.4	137.8	94.4	141.4	166.1
1985	60.6	67.2	53.5	108.2	77.6	104.0	143.1
1987	26.0	64.0	24.0	74.0	51.5	69.5	87.2
1989	22.4	30.3	23.8	60.3	34.9	91.6	110.8
1991	20.6	36.1	23.9	73.7	43.6	87.4	113.3
1993	19.6	34.0	22.7	70.7	44.0	89.0	120.0

拟合方程中,y为谷子的产量(kg/亩),t为从1983年第1熟谷子播种向后持续的时间(年);1983谷子播种年份取值为1;a和b为方程的参数,除MN处理的相关系数达显著水平外,其余各方程的相关系数均达到极显著水平。因此,拟合的方程能反映连续12年施肥对作物产量的影响。方程参数b的取值均为负值,说明随着施肥周期的延长,作物产量均呈下降趋势。这是因为该试验的施肥水平较低,以及坡耕地水土流失严重,所施肥料不能完全满足作物的吸收利用。

在不施肥及施氮肥处理中,作物产量的递减半衰期为4.3和4.1年,而单施磷肥的则增加了半衰期,达到6.4年,氮和磷、有机肥和氮配合施的则高达8.8年和18.3年。表明在施肥未

表 3 连续施肥谷子产量的拟合方程参数及产量半衰期

方程参数	CK	P	N	NP	M	MN
a	80.79	91.03	88.89	135.64	95.58	132.19
b	-63.77	-56.46	-72.46	-71.96	-56.63	-52.34
相关系数 R	0.959**	0.933**	0.957**	0.936**	0.937**	0.825**
$T^{\frac{1}{2}}$	4.3	6.4	4.1	8.8	7.0	18.3

达到一定水平的情况下,作物对连续施肥反应也呈现半衰期,施磷肥,有机肥及氮和磷肥,有机肥和氮肥配施均能延长半衰期,尤以有机肥和氮肥配施的效果显著,而单施氮肥则无作用。

## (二) 配合施肥对作物吸收氮、磷量的影响

12年不同施肥处理对作物吸收氮、磷量的影响(表 4)与对产量的影响基本相似,即配施比单施的作物吸收的氮、磷量大,且吸收的氮、磷量随作物轮作周期的延长也呈周期递减趋势。所不同的是,长期施氮处理的作物吸氮量与施磷处理的相似,且施氮处理作物对土壤磷素的吸收量较其他处理的小得多,甚至还低于不施肥的处理。这表明,在磷素极缺的黄绵土上,单施氮肥没有增产效果的主要原因是其限制了作物对土壤磷素的吸收,增施磷肥则可有效地克服这一现象。

表 4 配合施肥对作物吸收 N、P 量的影响

轮作周期	CK	P	N	NP	M	MN	MNP	
吸量	第一轮作周期	3.73	4.49	4.3	7.82	4.73	7.53	9.62
	第二轮作周期	2.25	2.82	2.94	7.57	3.35	8.22	9.39
	第三轮作周期	1.14	2.02	2.21	5.85	2.40	5.95	7.68
	总吸 N 量	7.12	9.33	9.45	21.24	10.48	21.70	26.69
	周期递减%	44.9	32.9	28.4	13.5	28.8	10.7	
吸量	第一轮作周期	0.156	0.783	0.389	1.051	0.789	1.315	1.484
	第二轮作周期	0.245	0.635	0.228	0.838	0.660	1.089	1.313
	第三轮作周期	0.135	0.369	0.179	0.707	0.417	0.551	1.059
	总吸 P 量	0.896	1.787	0.796	2.596	1.920	2.955	3.856
	周期递减%	48.9	31.4	32.2	18.0	22.7	35.3	15.5

12年连续施肥,谷子吸 N、P 量下降趋势也可用  $y=a+blogt$  方程拟合,其拟合结果参数如表 5。

拟合方程中,  $y$  为作物吸收的 N 或 P 量(kg/亩),  $t$  为作物轮作周期(年),  $a$ 、 $b$  为方程参数。

表 5 谷子吸 N、P 量的拟合方程参数及半衰期

方程参数	CK	P	N	NP	M	MN	MNP	
吸量	a	1.65	1.614	2.059	2.571	1.814	2.657	3.630
	b	-1.278	-1.124	-1.456	-0.901	-1.119	-0.692	-1.402
	相关系数 $\gamma$	0.945**	0.946**	0.967c	0.844**	0.911**	0.649	0.934**
	$T^{\frac{1}{2}}$ 年	4.4	5.2	5.0	26.7	6.5		19.7
吸量	a	0.2411	0.2689	0.2025	0.3402	0.2984	0.5109	0.5457
	b	-0.2026	-0.8161	-0.1678	-0.2275	-0.1723	-0.2855	-0.3157
	相关系数 $\gamma$	0.921**	0.855**	0.993**	0.899**	0.841**	0.456	0.822**
	$T^{\frac{1}{2}}$ 年	3.9	5.5	1.2	7.3			7.3

从表 5 中可以看出,除 MN 处理,作物吸 N、P 量未达到显著水平外,其余各处理均达到显著或极显著水平。这表明拟合方程能反映出长期施肥对作物吸收 N、P 量随轮作周期延长而呈下降趋势。而吸 N、P 量半衰期也同样表明,配施处理的(MNP、NP)半衰期均远大于单施处理的(N、P、M)。施 N 处理,作物吸 N 量半衰期为 5.0 年,而吸 P 量半衰期仅为 1.2 年。更进一步证明,在黄绵土单施氮肥,限制了作物对土壤 P 素的吸收。而有机肥与氮、磷配施则能大幅度提高作物对氮、磷的吸收量。

## 参 考 文 献

- [1] 郑剑英、赵更生等,黄绵土在连续施肥下的肥料效应,水土保持通报,第 2 期,1990。
- [2] 郑剑英、赵更生等,黄绵土长期施肥后效及对土壤养分的影响,水土保持学报,第 2 期,1994。
- [3] 郑剑英,不同肥力黄绵土在施肥条件下的土壤供氮、磷能力和氮、磷肥效应,水土保持学报,第 4 期,1994。
- [4] 赵更生、郑剑英等,陕北黄土丘陵区土壤中的物质循环与粮食生产关系的研究,水土保持学报,第 3 期,1993。
- [5] 李世清、李生秀,水肥配合对玉米产量和肥料效果的影响,干旱地区农业研究,第 1 期,1994。
- [6] 李生秀、赵伯善,有机肥料与化肥的合理配合,干旱地区农业研究,增刊,1993。
- [7] 吕家珑、李祖荫,旱地土壤培肥研究,西北农业大学学报,增刊,1993。

~~~~~

## 消 息

### 李振声院士考察江苏沿海滩涂

1995 年 3 月 26 日至 4 月 1 日,以中国科学院院士、全国政协常委、国家科协副主席、原中科院副院长李振声为首、院农办常副主任王大生等同志参加的中国科学院农业资源考察团一行 12 人,对江苏省盐城、南通两市沿海滩涂的资源潜力及开发前景作了调查,并分别会见了江苏省副省长姜永荣和俞兴德等领导同志,就有关江苏滩涂的开发问题交换了意见。

考察期间,听取了盐城市、南通市以及射阳、大丰、东台、海安、如东等市县政府和滩涂局关于滩涂的开发利用、经济发展和存在问题,以及“九五”期间的开发利用计划;实地踏勘了新老围海大堤附近的滩涂资源及开发现状。在目睹了射阳县的覃网尖、东沙港、射阳港,大丰县的王港、竹川,东台市的东川和笆斗片,海安的北凌垦区和如东县的南港垦区等一片片数万亩乃至十余万亩的滨海荒滩,遍地是茅草、芦苇和盐蒿时,李院士感慨地说:这是人多地少、粮棉不足的江苏省发展农业生产宝贵的后备资源。

考察团还参观调查了射阳港农牧渔业总公司、丹顶鹤自然保护区、麋鹿保护区、琼港镇、洋口虾贝养殖区、北凌垦区规模水产养殖场,及南港乡集约化特种水产养殖与加工基地等企事业单位。在了解了射阳港农牧渔业总公司自 1990 年开始垦殖 4 年来,因地制宜发展水稻等粮食生产和多种经营的经验后,李院士认为,他们做到当年开发、当年配套、当年收益,并在农场化管理、集约化经营、机械化作业和社会化服务等方面取得的经验,对滩涂地区的荒地和中低产田治理与农业开发具有借鉴意义。

琼港、洋口、北凌和王港等地是利用海涂资源发展水产养殖和相应加工业,促进国民经济快速发展的成功典型。琼港镇由于大力开发文蛤、虾、蟹、鳖和鳗鱼等水产品,经济飞快发展,目前人均年纯收入已超过 5000 元,正向小康型的新型渔乡迈进。对此李院士连连称赞。而在参观如东县南港乡农民企业家徐长生先生的用不到八年时间,在已围滩涂上建设起现已拥有 1.24 亿元资产的现代化鳗业公司(海生集团公司),得知他的鳗鱼养殖场每立方米水体最高放养量达 100 公斤时,李院士赞叹说:这真是“寸土变寸金”呀!

在考察即将结束时,李院士说:这次考察我有三点感想,一是江苏滩涂资源丰富,潜力很大;二是开发滩涂势在必行;三是科学开发,实现良性循环。这也是全体考察团成员的共识。一同来苏考察的“中农信”投资公司彭副总经理也多次表示:一定要在江苏滩涂的开始上作贡献。 (曹志洪、张效朴)