

坡耕地长期施肥对作物产量 及吸 N、P 量的影响

郑剑英 吴瑞俊 翟连宁

中国科学院
水利部水土保持研究所·陕西杨陵·712100

摘 要 坡耕地 12 年长期施肥结果表明:产量对长期施肥反映明显,施氮肥效果不显著,施磷肥效果较好,NP 配合效果更佳,有机肥与 N 或 NP 配施,可大幅度提高产量。在长期施肥水平较低情况下,随着施肥时间的延长,轮作周期内产量、作物吸 N、P 量均呈递减趋势,可用 $y = a + b \log t$ 方程拟合,其参数 b 均为负值, b 值的大小,反映出不同肥料对土壤肥力衰减程度。施 N 处理作物吸 N 量与吸 P 量相当,说明土壤中缺 P 素,严重限制了作物对磷的吸收。表明在 P 素极缺的黄绵土上,增施磷肥的重要性。

关键词 长期施肥 轮作周期 吸 N、P 量

Impact of Long-term Fertilization on Crop Yield and Absorbing N、P of Crop in Slope Land

Zheng Jianying Wu Ruijun Zhai Lianning

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The results of 12 years long-term applying fertilizer in slope farmland show the long-term applying fertilizer effect on yield is very obvious, effect of applying N is not obvious, effects of applying P is better, and organic matter mixed N or NP may enhance crop yield obviously. As applying fertilizer's time goes on, crop yield and absorbing N、P are reduced step by step as lower applying-fertilizer level in a rotation period of crops, this reducing tendency may be fitted by $y = a + b \log t$, these parameter b values become negative number, b values affect soil nutrient declining situation as different fertilizer as well. That absorbing N level is corresponded to absorbing P of crop as applying N, show soil lacked P prevents crop absorbing P from soil, as proved P fertilizer should be increased in loess soil.

Key words long-term applying fertilizer rotation period NP-absorbed crop

黄土丘陵沟壑区,地形复杂多样,季节性降雨分布不均,土壤侵蚀严重,土壤肥力低下,且日

趋退化,坡耕地粮食产量一般维持在 $750\text{kg}/\text{hm}^2$ 左右,严重制约了粮食生产。在年降水量 500mm 情况下,坡耕地水分生产力仅维持在 $1.5\text{kg}/\text{mm}\cdot\text{hm}^2$ 左右,而严重制约水分生产效率的因子是土壤肥力。因此,在坡耕地面积占总耕地面积90%的黄土丘陵区,提高坡耕地肥力就成为增加粮食生产的重要途径。由于坡耕地土壤发生严重侵蚀,年耕层 1cm 土壤被侵蚀掉,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。本试验通过12年长期施肥试验,探讨长期施肥与作物产量及吸N、P量的相关关系,其目的为长期合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

本试验设在安塞县沿河湾乡寺岷岷村一块坡地上,坡度 19° ,坡向北,土壤为黄绵土,旱作,原始土壤养分含量:有机质 $4.1\text{g}/\text{kg}$,全氮 $0.39\text{g}/\text{kg}$,全磷 $0.59\text{g}/\text{kg}$,碱解氮 $23.8\text{mg}/\text{kg}$,速效磷 $1.8\text{mg}/\text{kg}$ 。

试验共7个处理,3次重复,处理为:对照(CK)、氮肥(N)、磷肥(P)、氮+磷肥(NP)、有机肥(M)、有机肥+氮肥(MN)、有机肥+氮肥+磷肥(MNP)。每 hm^2 施有机肥 7500kg ,尿素 114kg ,三料磷肥 57kg 。轮作方式:谷子→荞麦→谷子→糜子。

土壤分析:全氮(半微量凯氏法)、碱解氮(蒸馏比色)、有机质(丘林法)、速效磷(碳酸氢钠法)、全磷钼(钼蓝法)。

植株分析:作物收后,按不同部位分别测定全氮和全磷(硫酸-高氯酸消化、半微量凯氏法测氮、钼蓝法测磷)。

2 结果与讨论

2.1 长期施肥对作物轮作周期产量的影响

12年长期施肥试验表明,12料作物总产还是各轮作周期内总产对长期施肥反映较为明显。施N、P、NP,12料作物平均产量依次为 $427.5\text{kg}/\text{hm}^2$ 、 $1159.5\text{kg}/\text{hm}^2$ 和 $77.3\text{kg}/\text{hm}^2$,与不施肥处理CK相比,增产率依次为8.3%、57.8%和191.7%,施N肥效果不显著,施P效果较好,NP配合效果更佳,这与以前的研究结果一致。施有机肥、有机肥与N肥配合及与NP配合,12料作物平均产量为 $702\text{kg}/\text{hm}^2$ 、 $1222.5\text{kg}/\text{hm}^2$ 和 $1557\text{kg}/\text{hm}^2$,是对照产量的1.8、3.1和3.9倍。由于单施N肥的增产效果不显著,其12料施N处理平均产量比对照仅增产 33kg ,因此,有机肥对作物产量的贡献也主要反映在供P水平上。施有机肥产量与施P肥产量相当,有机肥与N肥的配合产量也与NP配合产量相当,12料作物的平均产量及各轮作周期内产量也证明了这一点。

表1 坡地长期施肥作物轮作周期产量及动态 (kg/hm²)

轮作周期	CK	P	N	NP	M	MN	MNP
第一轮作周期	2506.5	3420	2505	4831.5	3612	5131.5	6634.5
第二轮作周期	1186.5	2193	1291.5	4494	2347.5	4987.5	6070.5
第三轮作周期	1045.5	1854	1327.5	3843	2463	4545	5977.5
总产量	4740	7467	5124	1391.6	8422.5	14664	18682.5
12料作物平均产量	395	622.5	427.5	1159.5	702	1222.5	1557

在长期施N、P及有机肥水平较低的情况下,基础土壤肥力基本保持一致,尽管降雨年份不同,施肥方式是单施还是配施,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35.42%、26.37%、27.2%、17.02%、17.42%、5.88%和

5.08%。表明:在黄土丘陵沟壑区坡耕地化肥及有机肥的低投入,也不能抑制土壤衰减,但这种抑制在施肥水平(NP、MN、MNP)较高的情况下,将会有所提高,并因施肥品种而异,施 N 肥与对照相当,施 P 或者 NP 配合,均会增加这种抑制。

12料连续施肥处理中,谷子种植6料,糜子和荞麦各种植3料。因此很难用3料作物产量来反映这种肥力下降趋势,只能选用隔年种植的谷子产量来反映这种趋势的变化。

表2 坡耕地长期施肥情况下谷子的产量及动态 kg/hm²

施肥年份	CK	P	N	NP	M	MN	MNP
1983年	1191	1317	1416	2067	1416	2121	2491.5
1985年	909	1008	802.5	1623	1164	1560	2146.5
1987年	390	960	360	1110	772.5	1042.5	1308
1989年	336	454.5	357	904.5	523.5	1374	1662
1991年	309	541.5	358.5	1105.5	204	1311	1699.5
1993年	294	510	340.5	1060.5	660	1335	1800

坡耕地长期施肥情况下谷子的产量及动态表明,除 MNP 处理从1989年以后产量有较大回升外,其它各处理产量呈下降趋势,可以用 $y = a + b \log t$ 方程来拟合,则各处理拟合方程参数如下表:

表3 长期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	0.9594**	0.9331**	0.9574**	0.9361**	0.9373**	0.8253*
$T_{\frac{1}{2}}$ (年)	4.3	6.4	4.1	8.8	7.0	18.3

拟合方程 $y = a + b \log t$ 中, y 为谷子的产量(kg/hm²)、 t 为从1983年第一料谷子播种向后持续的时间(a)。则1983年谷子播种年份取值为1; a 和 b 为方程的参数。除 MN 处理相关系数达到0.05的显著水平外,其余各方程的相关系数均达到0.01的水平,因此,拟合的方程能很好地反映长期施肥对作物产量的影响。而表中方程参数 b 的取值均为负值,说明随着长期施肥周期的延长,作物产量均呈下降趋势。这是因为该试验处理 N、P 及 M 施肥水平较低,还远未达到培肥土壤的目的,加之,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。

长期施肥对作物产量的递减半衰期也同时表明,在不施肥及施 N 肥处理中作物产量的递减半衰期为4.3和4.1a,而单施 P 肥,增加了半衰期,达到6.4a, NP、MN 配合则高达8.8年和18.3a。产量的半衰期同时也表明了,在施肥未达到一定限度的情况下,作物对长期施肥反映也呈现半衰期,施 P 肥、有机肥及 NP 肥、MN 肥配合均能延长半衰期,而单施 N 肥无作用,尤以 MN 配合效果显著。

2.2 长期施肥与作物轮作周期吸 N、P 量的关系

长期施肥作物的产量指标在反映对土壤某一特定养分的吸收,具有一定的局限性,用作物对某一养分的吸收率来反映对该养分的需求,具有一定的精确性和可比性,多数研究也证明了这一点。因此,在比较研究长期施肥作物对某种养分的吸收动态方面,用作物吸 N、P 量作为指标,具有十分重要的意义。前文已表明,在施肥量未达到一定限度内,长期施肥作物产量随着施肥年限延长、呈下降趋势,而对于吸 N、P 量也是否具有类似规律,或不同施肥处理对吸 N、P 量影响如何,也进行了这方面的同步研究。

12年长期不同施肥处理对作物吸 N、P 的影响规律与产量规律基本吻合,即配施比单施吸 N、P 量大,且吸 N、P 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 N 处理

表4 长期施肥与作物轮作周期吸 N、P 量的关系 (kg/hm²)

轮作周期		CK	P	N	NP	M	MN	MNP
吸 N 量	第一轮作周期	55.9	67.3	64.5	117.3	70.9	112.9	144.3
	第二轮作周期	33.7	42.3	44.1	113.5	50.2	123.3	140.8
	第三轮作周期	17.1	30.3	33.1	87.7	36	89.2	115.2
	总收 N 量	106.8	139.9	141.7	318.6	157.1	325.4	325.3
周期递减%		44.86	32.93	28.37	13.51	28.77		10.65
吸 P 量	第一轮作周期	7.74	11.74	5.83	15.76	11.83	19.72	22.26
	第二轮作周期	3.67	9.52	3.42	12.57	9.90	16.33	19.69
	第三轮作周期	2.02	5.53	2.68	10.60	7.06	8.26	15.88
	总收 P 量	13.43	26.79	11.93	38.93	28.79	44.31	57.83
周期递减%		48.85	31.35	32.16	17.98	22.74	35.27	15.52

表5 长期施肥谷子吸 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 N 量	a	1.656	1.614	2.059	2.571	1.814	2.657	3.630
	b	-1.278	-1.124	-1.465	-0.901	-1.119	-0.692	-1.402
	相关系数 r	0.9451**	0.9460**	0.9669**	0.8438*	0.9107**	0.6941	0.9337**
	T($\frac{1}{2}$)年	4.4	5.2	5.0	26.70	6.5		19.7
吸 P 量	a	0.2411	0.2689	0.2025	0.3402	0.2984	0.5109	0.5457
	b	-0.2026	-0.1861	-0.1678	-0.2275	-0.1723	-0.2865	-0.3157
	相关系数 r	0.9214**	0.8552**	0.9928**	0.8991**	0.8410*	0.4561	0.8220**
	T($\frac{1}{2}$)年	3.9	5.5	1.2	4.1	7.3		7.3

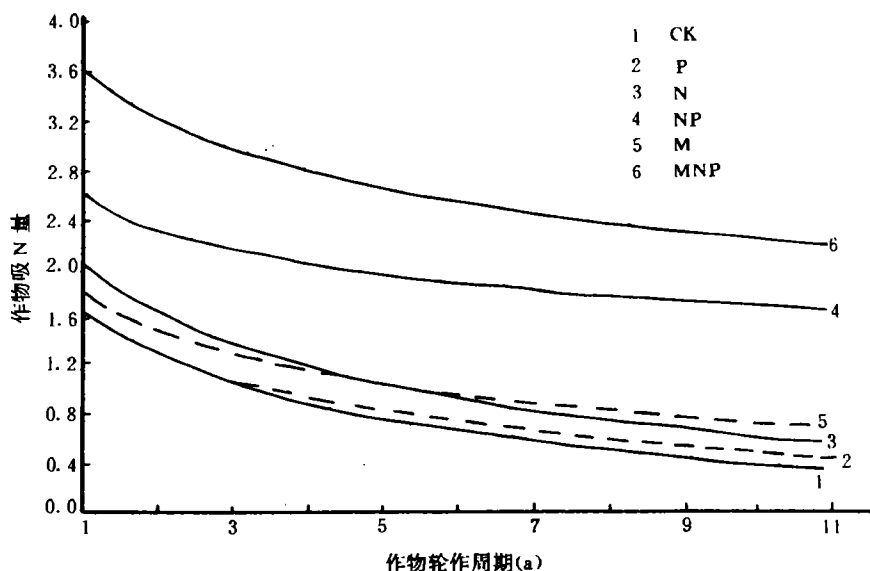


图1 长期施肥作物对 N 素的吸收

作物吸 N 量与施 P 处理相当,且严重地限制了作物对土壤 P 素的吸收,施 N 处理作物对土壤 P 素的吸收量较其它施肥处理小得多,且也低于不施肥处理,吸 P 量下降了 11.16%;单施 P、M 和

NP 配施,作物周期对土壤中 P 素的吸收量与不施肥相比也比 N 素的吸收量高,这也表明了在不

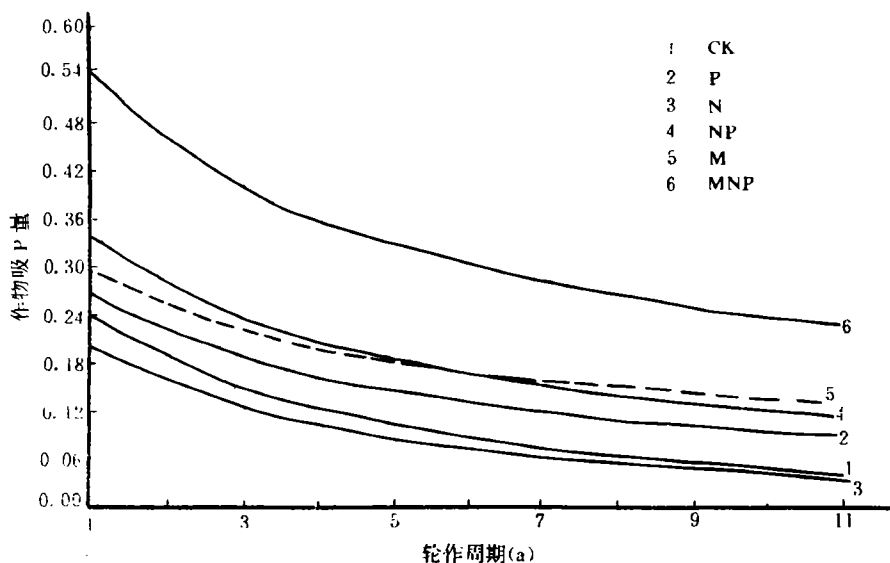


图2 长期施肥作物对 P 素的吸收

素极缺的黄绵土上,单施 N 没有增产效果的主要原因是限制了作物对土壤 P 素的吸收,克服这种现象的有效办法之一,就是增施 P 肥。

12年长期施肥谷子吸 N、P 量下降趋势也可用 $y = a + b \log t$ 方程拟合,其拟合结果参数如表 5。

拟合方程中, y 为作物吸 N、P 量(kg/hm^2), t 为作物轮作周期(a), a 、 b 为方程参数。从表中可以看出,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。拟合方程显著性检验也同时表明了拟合方程能很好的反映出长期施肥作物吸 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(MNP、NP)半衰期均远大于单施(N、P、M)。施 N 处理,作物吸 N 量半衰期为 1.2a,而吸 P 量半衰期仅为 5.5a,更进一步证明,在黄绵土上单施 N 肥,限制了作物对 P 肥的吸收。从图 1.2 中还可明显的看出,MNP 处理的作物吸 N、P 量远比其他处理高,而 NP 处理的作物吸 N 量比单施肥处理大,但吸 P 量与 MN 相当。

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,1990.(2)
- 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,1994.(2)
- 3 郑剑英.不同肥力黄绵土在施肥条件下的土壤供 N、P 能力和 N、P 肥效应.水土保持学报,1994.(4)
- 4 赵更生,郑剑英,吴瑞俊.陕北黄土丘陵区土壤中物质循环与粮食生产关系的研究.水土保持学报,1993.(1)
- 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,1994.(1)
- 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,1993(增刊)
- 7 吕家珑,李祖荫.旱地土壤培肥研究.西北农业大学学报,1993(增刊)