

黄土丘陵沟壑区旱地肥料效应与 养分循环平衡特征

郑剑英 赵更生 吴瑞俊

(中国科学院 水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
(水利部)

摘 要 根据多年的研究结果,黄土丘陵沟壑区是N、P化肥的高效区,在各种土地类型上,均以配合施用效果高而稳定,养分平衡结果表明,NP配合施用N素亏损,川地磷素营养得到改善,有机无机配合施用,土壤肥力全面提高。坡耕地由于水土流失的影响,土壤磷库除有机肥与NP配施外,均处亏损状态。由此得出,本区必须合理利用土地,建设基本农田,实施有机无机配合施用,达到高产,优质高效及培肥土壤。

关键词 土地类型 旱地肥料效应 养分循环与平衡

Fertilization Effect and Nutrient Cycle Balance Feature of Dryland in Loess Hilly Gully Region

Zheng Jianying Zhao Gengsheng Wu Ruijun

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

Abstract According to many years experiment, this region has a high use effect of N and P which mixed each other to gain a high and stable production. Nutrient cycle shows N is short as N mixed with P and soil P in the plain is improved. Soil fertility is improved completely as organic matter mixed with chemical fertilizer, except organic matter mixed with N and P, soil P is short for soil and water loess in sloped land. So we should use soil land rationally, construct basic farmland, carry out the apply organic matter mixed with chemical fertilizer in order to reach high yield, high quality, high effects and improving soil.

Key words soil types effect of fertilizer in arid-land cycle and balance of fertilizer

黑垆土是黄土丘陵沟壑区地带性土壤,由于水土流失,现已荡然无存,在黄土母质上发育出来的幼年性黄绵土N、P俱缺,P为极缺,其耕层土壤含有机质5.5g/kg,全N 0.38g/kg、碱解N 25.57mg/kg、速效P 4mg/kg、速效K 105mg/kg。在土地类型多样的黄绵土上进行肥料长期试

验,比在肥力较高的单一类型土壤上具有其复杂性和可比性,在此情况下,增加肥料投入,合理施肥,培肥土壤,就成为实现高产、优质、高效农业的重要手段。本文根据多年的研究结果,对本区的肥料效应、养分循环、平衡做一简要总结,为合理施肥和土壤培肥提供科学依据。

1 试验地区自然概况

试验布设于安塞沿河湾镇纸坊沟流域,年降水量 351.3~729.2mm,平均 549.1mm,6~9 月占 72.9%,年平均气温 9.3℃,无霜期 157~194 天,土壤以黄绵土为主。养分含量,川地有机质 7.7g/kg,全 N 0.66g/kg,全 P 0.62g/kg,碱解 N 44.9mg/kg,速效 P 3.53mg/kg;梯田有机质 4.49g/kg,全 N 0.42g/kg,全 P 0.66g/kg,碱解 N 24.3mg/kg,速效 P 4.37mg/kg;坡耕地有机质 4.69 g/kg,全 N 0.4g/kg,全 P 0.59g/kg,碱解 N 34.2mg/kg,速效 P 2.1mg/kg。

表 1 谷子对不同肥料品种在不同土地利用方式上的反映 (kg/hm²)

处理	川 地		梯 田		塌 地		坡 地	
	产量	比 CK 增产 %	产量	比 CK 增产 %	产量	比 CK 增产 %	产量	比 CK 增产 %
MNP	4590	46.4	4027.5	225.5	3141	120.0	2491.5	109.2
MN	4305	37.3	3225	197.0	2820	97.9	2121	78.1
MP	4048	29.1						
M	3423	9.2	2445	97.6	1860	30.5	1416	8.9
NP	4543.5	44.9	3660	195.8	2640	85.3	2067	73.6
N	3877.5	23.7	3420	176.4	2490	74.4	1416	18.9
P	3687	17.6	1429	15.5	1440	1.05	1309	10.0
CK	3135		1237.5		1425		1191	

2 旱地肥料效应

2.1 不同肥料在不同土地类型上的反映

黄土丘陵沟壑区,土地类型复杂,由于耕种成土条件及水蚀的影响,导致了不同土地类型的

表 2 肥料品种在不同土地类型上的交互作用 (kg/hm²)

交互作用	川地	梯田	塌地	坡地
N×P	114	48	135	531
M×P	73.5			
M×N	139.5	-952.5	-105	252
MN×P	-267	160.5	390	480
MP×N	-201			

表 3 不同作物对肥料品种的反映 (kg/hm²)

处量	川地谷子 ^[1]		川地玉米 ^[2]		坡地谷子 ^[3]		坡地荞麦 ^[4]		坡地糜子 ^[5]	
	产量	增产 %	产量	增产 %	产量	增产 %	产量	增产 %	产量	增加 %
MNP	3517.5	67.1	7590	244.2	1861.5	196.9	883.5	554.4	1617	485.9
MN	4704	123.5	5962.5	170.4	1482	136.4	645	377.8	1314	376.1
MP	2929.5	39.2	4788	171.2						
M	2574	22.4	4342.5	96.9	906	44.5	333	146.7	727.5	163.6
NP	3336	58.5	6382.5	189.5	1362	117.2	826.5	512.2	1251	353.3
N	2446.5	16.3	2853	29.4	657	5.0	138	2.2	291	5.4
P	2536.5	20.5	3834	173.9	853.5	36.1	367.5	172.2	541.5	76.2
CK	2104.5		2205		627		135		276	

注:[1]四年平均产量;[2]四年平均产量;[3]五年平均产量;[4]三年平均产量;[5]二年平均产量。

土壤肥力差异,一般来说,川地、梯田土壤肥力较高,塌地、坡地由于水蚀及有机肥料投入有限,肥力相对较低。在这种肥力分布不均的情况下,进行不同肥料品种试验,必然会产生不同效应。表 1 表明,谷子对不同肥料品种反映以川地产量最高,梯田次之,坡地产量最低。在不同土地利用类型上,其不同肥料品种增产效果基本一致,即:以 MNP 产量最高,MN,MP 及 NP 次之,以 N、P 及 M 单施产量最低;与对照 CK 相比,其不同肥料的增产率趋势为梯田>塌地>坡地>川地。

表 2 表明了坡耕地肥料的交互作用较高,NP 的交互作用高达 531kg/hm²,MN 与 P 的交互作用为 480kg/hm²。远高于川地、梯田和塌地,由于梯田、川地肥力较高,施肥的交互增产效果为负值。因而,在肥料配比混施时、应注意不同肥料的配比或相对减少某种肥料施用量。

2.2 不同作物对肥料品种的反应

黄土丘陵区,作物种类资源丰富,尤以玉米、谷子、荞麦及糜子种植面积较大,约占秋粮种植面积 87%以上。因此,在不同立地条件下,将有限的化肥投入到增产效益较大的作物上,发挥化肥的增产效果具有十分重要现实意义。表 3 表明,玉米的产量,在施入肥料一致的情况下,产量最高,MNP 处理高达 7 590kg/hm²,在生育期降水量不足 500mm 情况下,降水利用率超过 1 kg/mm 这与以前的研究结果一致;荞麦的产量最低,在优化施肥 MNP 处理时产量仅为 883. 5kg/hm²,也仅相当于玉米的 1/9,而远远低于不施肥对照 2 205kg/hm²。因此,在耕地面积有限的情况下,适当减少荞麦的种植;川地谷子的产量显著高于坡地,但 N、P 肥的增产效果不一,川地谷子 N、P 肥增产效果相当,相差仅为 90kg/hm²,而坡地谷子施 P 效果远远高于施 N、施 N 与对照相当,坡地荞麦、糜子均呈此类似规律,表明在坡耕地不应进行 N 肥单施,应与 P 肥配合施用、其配合效果十分显著,坡地谷子、荞麦及糜子产量达 1 362kg/hm²,2 826. 5kg/hm² 及 1 251kg/hm²,其交互作用依次为 477kg/hm²、456kg/hm²、及 694. 5kg/hm²;与对照 CK 相比,肥料的增产率顺序为坡地荞麦、糜子>川地玉米>坡地谷子>川地谷子。

表 4 不施肥产量递减情况

土地 类型	作 物	项 目	年 份									
			1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
川 地	谷	产量(kg/hm ²)	3135		1947		1287		1705. 5			
	子	与 MNP 之比(%)	1024. 5		882		957		735			
	玉	产量(kg/hm ²)		2691		1780. 5		2460		1887		
	米	与 MNP 之比(%)		525		418. 5		478. 5		330		
坡	谷	产量(kg/hm ²)	1191		909		420		336		309	
	子	与 MNP 之比(%)	709. 5		636		439. 5		303		273	
	荞	产量(kg/hm ²)		192				99				115. 5
	麦	与 MNP 之比(%)		271. 5				219				222
地	糜	产量(kg/hm ²)				187. 5				336		
	子	与 MNP 之比(%)				340. 5				226. 5		

N 肥单施由于土壤磷素的缺乏,每公斤 N 增产下降趋势明显,川地谷子 1983 年为 134. 5kg,而 1985 年和 1989 年减少到了 45kg 左右;玉米 1984 年为 222kg,1988 年 49. 8kg;坡地 1983 年谷子为 65. 2kg,而 1985 年后均在 15kg 以下,甚至出现负值。NP 配施增产显著,且效果稳定,纯化肥 N、P 配施,每公斤养分增产;川地谷子 141. 75kg,玉米 487. 65kg;坡地谷子、荞麦为 138kg 和 141. 75kg、糜子 165kg。有机肥与 NP 配合,每公斤养分增产;川地谷子 110. 1kg,玉米 383. 55kg;坡地谷子、糜子及荞麦依次为 165kg,180kg 和 108. 3kg。有机肥与 N 配施,每公斤 N 增产;川地谷子 107. 1kg,玉米 275. 55kg;坡地谷子、糜子及荞麦分别为 165kg、165kg 及 89. 55kg。以上结果

表明,本区为 N、P 化肥的高效区。

有机肥与磷肥的速肥在川旱地有显著地累积作用,有机肥在连施 5 年之后,产量有明显的上升,玉米由 3 000kg/hm² 左右增至 5505kg/hm² 以上。磷肥连施 5 年之后玉米每公顷产由 2 820kg 增至 4560kg,接近 2 倍。坡地则效果不明显,其主要因素,坡耕地施肥量一般较少,再加上水土流失的影响,施化肥达不到培肥的目的。

3 黄土丘陵区旱地农田养分循环、平衡特征

3.1 不施肥产量递减情况

在无化肥投入时,仅依靠土壤提供给作物生长发育所需的养分时,作物产量逐年递减(表 4)为了消除气候因子对作物产量的影响,以最优施肥 MNP 处理产量作为 100 来计算无肥小区(CK)的相对产量,这样在计算上具有可比性。表 4 表明,除个别年份外,较肥沃的川地平均每料谷子递减 6.4%,玉米递减 4.7%,肥力较差的坡耕地谷子递减 5.92%,最后两料稳定在 300kg/hm²,荞麦第一料递减 19.3%,相对产量稳定在 225kg/hm² 左右;糜子递减 33.5%。表明;谷子能忍耐较长久的土壤瘠贫,而荞麦、糜子较差,川地土壤抗逆能力比坡地要强。

3.2 养分循环平衡特征

土壤是作物吸收养分与施入养分的肥力调节缓冲带,一方面将施入的养分吸附,转化及存留成有效养分,另一方面又源源不断地提供给作物生长发育所需的各种养分。在黄绵土上,施入土壤的养分种类一般有降水、施肥及种子等,土壤输出量一般有作物地上部携出量,N 素的挥发和反硝化损失,养分淋失及径流损失。因此研究黄绵土养分输出与输入关系,对于研究旱地养分循环与平衡特征具有重要意义。

N 素挥发及反硝化损失根据张卫用 N¹⁵示踪测定的结果,黄绵土土壤残留量占 9.05%和本试验测得的 N 肥利用率平均值用差减法计算所得,有机肥与土壤 N 素的发挥未计入。

N 素的淋失根据王继增用 N¹⁵示踪所得结果,在最大年降水量 729mm 情况下,谷子、黄豆最大 N 素淋溶深度 100~120cm,其中 0~40cmN 素含量占残留量的 70%~75.5%,60cm 以下土层 N 素含量占残留量 80.98%~89.12%,60cm 以下甚微。土壤 100~120cm 土壤养分残留量,作物根系可以达到吸收利用,因而 N 素淋失量可忽略不计。

表 5 川地养分平衡

处理	养分	输入量(kg/hm ² ,a)				输出量(kg/hm ² .a)			盈亏(kg/hm ² .a)	
		有机肥	化肥	种子	合计	地上部携出量	N 的挥发及反硝化损失	合计	年 平 均	谷子玉米八年 累计
NNP	N	61.35	88.2	0.375	153.52	108.75	33.45	142.2	11.325	90.6
	P ₂ O ₅	38.4	41.22	0.105	80.055	33.0		33.0	47.055	376.44
MN	N	61.35	88.2	0.375	153.52	99.825	42.75	142.57	10.95	87.6
	P ₂ O ₅	38.4		0.105	38.865	23.955		23.95	14.91	113.88
M	N	61.35		0.375	65.325	58.05		58.05	7.275	58.2
	P ₂ O ₅	38.4		0.105	38.865	20.925		20.925	17.940	143.445
NP	N		88.2	0.357	92.175	92.7	37.95	130.15	-38.475	-307.8
	P ₂ O ₅		41.2	0.105	41.655	26.115		26.115	15.54	124.32
CK	N			0.375	3.975	47.25		47.25	-43.275	-346.2
	P ₂ O ₅			0.105	0.465	11.22		11.22	-10.755	86.04

注:降水输入 N 3.6kg/hm²,P₂O₅ 0.36kg/hm²

3.2.1 川旱地养分循环平衡特征 表 5 表明,在土壤养分输入项中,化肥及有机肥对 N、P 输入量较大,一般约占输入项的 90% 以上,种子及降水输入甚微,二者约占输入 10% 以下。在输出量中,作物地上部 N、P 携出量占主导地位,且与 N、P 输入呈正相关。N 素的挥发及反硝化损失为 33.45kg/hm²,在 N 素输出项中占有相当大的比例,约占输出量的 23.5%~30%,平均为 27.5%,这也是黄绵土 N 素利用率不高的一个重要原因,因此,如何控制黄绵土 N 素的挥发及反硝化损失,就成为提高 N 素利用率的重要途径及手段。有机肥单施,还是与 N 肥、NP 肥配施,其 N 素在土壤中略有盈余,而在纯化肥 NP 配施中,土壤 N 素有亏损,年亏损量高达 38.475 kg/hm²、也就是说,单靠化肥投入土壤 N 素为 88.2kg/hm²,不足以供给作物生长发育所需有效 N 素,其主要原因是由于 N 素的挥发和反硝化损失就高达 37.95kg/hm²,表明,有机肥在黄绵土上培肥土壤具有重要意义,应重视有机肥的投入,提高土壤肥力。施入 P 肥,在 pH 高达 8.5 以上的黄绵土上,有效磷较容易被土壤固定,形成 Ca~P 肥,因此,在有无有机肥投入的情况下,黄绵土土壤 P 素均有盈余,MNP 处理盈余 58.8%,MN 处理盈余 38.4%,M 处理盈余 46.2%,NP 处理盈余 37.3%,表现有机肥与化肥配施盈余额均高于化肥配施。

3.2.2 坡耕地养分循环平衡特征 平衡结果见表 6,从表 6 看出 N 素平衡的基本规律与川地一致,即有机肥输入 N 素积累,其积累量和川地差别不大,纯化肥 NP 配施 N 素亏损,其亏损量小于川地。和川地不同之处是多了水土流失这个通道,在这个通道中径流携出量甚微,还没有降水带入的量多,泥沙携出量不容忽视,在 MNP、MN、NP 3 个处理中,泥沙携出量占总输出量的 11.3%~11.7%,相当于作物地上部携出量的 24.5%~29%,平均为 27.0%,在不施肥情况下,泥沙携出量占总输出量的 44.9%,相当于作物地上部携出量的 84.8%,磷素的平衡结果表明,除 MNP 处理略有盈余外,其余处理均处于亏损状态,其亏损主要来自泥沙携出,泥沙携出量比作物地上部携出量大 1~10 倍,当然作物携出量为有效成分,泥沙携出以缓效和无效成分为主,但从整个土壤库来讲,P 素贮量降低了。因此在坡耕地上要培肥土壤是较困难的。

表 6 坡地养分平衡

处理	养分	输入量(kg/hm ² .a)				合 计	输出量(kg/hm ² .a)				合 计	盈亏(kg/hm ² .a)	
		有 机 肥	化 肥	种 子	地上部 携出量		N 的挥发 及反硝 化损失	泥沙 携 出量	径流 携出 量	年 平 均		谷子玉 米八年 累计	
MNP	N	22.2	52.35	0.537	78.72	31.95	26.895	7.845	0.45	67.215	11.505	92.04	
	P ₂ O ₅	16.8	24.7	0.195	42.06	11.61		24.03	0.06	34.95	6.36	50.88	
MN	N	22.2	52.35	0.57	78.72	27.57	34.77	7.995	0.45	25.78	7.935	63.48	
	P ₂ O ₅	16.8		0.195	17.35	6.675		24.045	0.06	30.78	-13.425	-107.4	
M	N	22.2		0.57	26.37	15.57		7.575	0.45	23.595	2.775	22.2	
	P ₂ O ₅	16.8		0.195	17.35	6.015		24.03	0.06	30.105	-12.75	102	
NP	N		52.35	0.57	56.52	28.545	31.875	7.845	0.45	68.15	-12.195	-97.56	
	P ₂ O ₅		24.7	0.195	25.26	8.025		24.03	0.06	32.115	-6.855	-54.54	
-22.48	N			0.57	4.17	13.395		7.575	0.45	22.665	-15.495	-123.96	
	P ₂ O ₅			0.195	0.555	2.925		31.38		0.06	34.365	-33.81	

4 结 论

1、从养分平衡和培肥土壤观点出发在基本农田上必须坚持有机无机肥料配合施用,才能到达优质、高产、高效及培肥土壤的目的。

2、为了达到培肥与增产同步增长之目的,在黄土丘陵区应采取以有机肥与氮肥配合施用为主的施肥方案,在有机肥不足情况下,磷肥与氮肥配合施用,切忌氮肥单施。

3、合理利用土地建设基本农田,在本区若人均仍占有耕地 0.89hm^2 ,投资肥料、劳力均不可能满足其需要,只能广种薄收,因此,必须合理利用土地,压缩耕地,人均达 $0.2\sim 0.33\text{hm}^2$,其中 $0.13\sim 0.17\text{hm}^2$ 基本农田,多余土地造林种草,发展林果和养殖业,增加经济收入,增加有机肥源。

参考文献

- 1 余存祖等.土地资源与生产力研究.西北水保所主编,科技出版社出版,1991
- 2 杨文治等.黄土高原区域治理与评价.科学出版社,125~182
- 3 卢宗凡等.水土保持农业增产体系的研究,水土保持学报,1990(2)
- 4 郑剑英等.黄绵土在连续施肥下的肥料效益.水土保持通报,1990(2)
- 5 彭琳等.黄土区有机肥与化肥配施效应.土壤肥料,1983(5)