

有机-无机肥配施的增产效应及对土壤肥力影响的定位研究

刘杏兰 高宗 刘存寿 司立征

(陕西省农业科学院土壤肥料研究所, 杨陵 712100)

摘要

本文根据 13 年的定位研究资料,较系统的阐述了不同量有机肥与氮、磷化肥配合施用,及关中灌区两熟制粮食产量、土壤肥力和养分平衡的影响。初步揭示了关中塿土的基本生产力持续时间较短;土壤的供肥能力是玉米高于小麦。作者认为采用有机肥与氮、磷化肥配施,才是该区粮田持续高产和土壤培肥的有效措施。

关键词 长期定位试验,有机肥,化肥,增产效应,土壤肥力

关于有机肥和化肥配合施用的肥效及其对土壤肥力影响的研究,国内外已有不少文献报导。研究者多数认为,合理地配合施用有机肥和化肥,是获得高品质、高产量和提高土壤肥力的重要因素^[1,2]。然而也有研究者证明,同时施用有机肥和化肥,不但不能提高肥效,反而会降低肥效^[3,4]。这种研究结论的矛盾,很有可能是土壤、生态等条件的差异造成的。鉴此,为确保当今农业的持续发展,指导农作物平衡施肥,本文旨在进一步探讨在关中灌区两熟制(小麦+玉米)连续种植条件下,长期施用有机肥和氮、磷化肥的增产效应及其对土壤肥力的影响。

1 试验条件与方法

本试验于 1980 年夏,设在陕西省杨陵区渭河二级阶地的塿土上,质地重壤,微碱性。试验前作为小麦。土壤耕层的有机质含量 11.81g/kg,全 N 0.806g/kg,全磷(P)0.787g/kg,碱解 N 61.2mg/kg,速效磷(P)15mg/kg,速效钾(K)295mg/kg。

试验方法采用裂区设计。以农家有机肥(M)为主区,氮、磷(N、P)化肥为副区,各设 3 个水平,即由 3×3 设计构成 9 个处理: M₀N₀P₀; M₀N₁P₁; M₀N₂P₂; M₁N₀P₀; M₁N₁P₁; M₁N₂P₂; M₂N₀P₀; M₂N₁P₁; M₂N₂P₂(为简明起见,后面处理内容均以处理代号 NO.1,2……9 表示)。其中 M₀, M₁, M₂ 表示施有机肥水平,分别为 0, 150, 300t/ha/a; N₀P₀, N₁P₁, N₂P₂ 表示施氮、磷肥水平, N 分别为 0, 150, 240kg/ha·a⁻¹, P 分别为 0, 60, 120kg/ha·a⁻¹。小区面积为 33.33m²,重复 3 次。一年种两季作物(小麦+玉米)。每季施肥各为上述量的 1/2。

供试验用的有机肥为农家土粪,质量不一。经测定,粪中的有机质含量 17.1—69.4g/kg,全 N

1.21—5.11g/kg,全P0.84—2.98g/kg,全K20.6—26.5g/kg,碱解N61—1113mg/kg,速效P73.4—456.9mg/kg,速效K830—3749mg/kg。氮、磷化肥第一年用尿素和普钙,以后各年均用尿素和磷酸二铵。肥料的施法是,前两季玉米有机肥和磷肥于苗期一次追施,氮肥分苗期和拔节期各半追施。此后,肥料全部改为于苗期一次追施。小麦施肥均结合播前整地时一次施入作基肥。在实施施肥的过程中,发现多年施用土粪区的地面高低不平而影响灌溉等,故对有机肥施量作了适当调整。其中有3季(1.5年)未施,8季(4年)为原施量的1/2,2季(1年)为原施量的1/4。

种植作物的品种,玉米以“陕单9号”为主,均是在麦收前后点播于麦行中,每公顷留苗在4.5万株以上;小麦种过“郑引1号”、“小偃6号”等6个品种,全是开沟条播,每公顷播量为90—150kg。

土壤和植株中大量元素的测定,全用常规方法,唯有土壤速效磷采用0.5mol/LNaHCO₃保温(25℃)浸提24小时-钼锑抗比色法。微量元素用DTPA浸提-原子吸收法。

2 结果与分析

2.1 有机肥与氮、磷化肥配施的增产效应

2.1.1 对小麦和玉米产量的影响 从13年小麦和玉米的累积总产(见表1)中看出,多年连续施用有机肥或氮、磷化肥,或两者配施,均有显著的增产效果。同时有随施用量增加而提高的趋势。但是在施用等量有机肥或氮、磷化肥的条件下,玉米的累积总产显著高于小麦,尤以有机肥单施时更明显。玉米的累积总产增量达27.327—37.719t/ha,而小麦仅为13.606—25.216t/ha,前者比后者高出1.0—0.5倍。可是有机肥与氮、磷化肥配施时,就绝对增产率相比,则是提高小麦的增产幅度又大于玉米。另外,由相关性测定中亦看出,有机肥单施时玉米产量与年度间呈显著正相关;单施氮、磷化肥及有机肥与氮、磷化肥配施的玉米产量随年度有上升趋势,但未达显著水平。而小麦则不同,氮、磷化肥单施时,小麦产量与年度间却呈极显著负相关;有机肥单施,或与氮、磷化肥配施,其产量虽是随年度略有下降,但基本是稳产的。这种差异的产生,除了与作物的需肥特性不同有关外,还表明有机肥含有的营养元素齐全,既能为当季作物提供有效养分,而且残余的养分累积在土壤中,其残效又随年度的推移而增大,因而影响到土壤季节性供肥强度的不同。小麦的耐肥性又不及玉米,特别在生育后期常受气候的变化而倒伏减产。

2.1.2 配施不同有机肥量的氮磷化肥增产效应 在不同有机肥施量条件下,氮、磷化肥的增产效应有一定的差异。从表2看出,在不施有机肥(M₀)时,每公斤混合氮、磷养分可增产粮食15.3—17.9kg;当有机肥施量为M₁和M₂时,每公斤混合氮、磷养分增产粮食分别降至10.7—15.3kg和7.1—11.4kg。在施用等量氮、磷化肥时,其增产值是随配施有机肥量的增加而下降。

2.1.3 配施不同氮、磷化肥量的有机肥增产效应 在施用不同氮、磷化肥量的条件下,同样对有机肥的增产效应有一定的影响。由表3可知,不施氮、磷化肥,只施有机肥,每吨有机肥能增产粮食24—31.2kg,而配施氮、磷化肥为N₁P₁和N₂P₂时,则每吨有机肥分别增产粮食17.2—25.7kg和9.3—14.8kg,有机肥的增产效应仍是随配施氮、磷化肥量的增加而降低。以上表明配施肥料过量后,反而会降低肥料的增产效应。

表 1 不同处理的累积总产比较

Table 1 comparison of accumulated total yield among different treatments

处理 代号 Treatment NO.	小麦 Wheat			玉米 Corn			小麦+玉米 Wheat+corn		
	总产 Total yield (t/ha)	增产 Increase (t/ha)	%	总产 Total yield (t/ha)	增产 Increase (t/ha)	%	总产 Total yield (t/ha)	增产 Increase (t/ha)	%
1	20.436			41.832			62.268		
2	40.978	20.542	100.5	70.236	28.404	67.9	111.215	48.947	78.6
3	51.699	31.263	153.0	81.986	40.153	96.0	133.685	71.417	114.7
4	34.042	13.606	66.6	69.159	27.327	65.3	103.202	40.934	65.7
5	59.784	39.348	192.6	85.142	43.309	103.5	144.926	82.658	132.7
6	65.517	45.081	220.6	87.590	45.757	109.4	153.107	90.839	145.9
7	45.652	25.216	123.4	79.551	37.719	90.2	125.204	62.936	101.1
8	63.502	43.066	210.8	92.760	50.928	121.7	156.263	93.995	150.9
9	65.359	44.923	219.8	92.849	51.016	121.9	158.208	95.940	154.1

表 2 不同有机肥施量对氮、磷化肥增产效应的影响

Table 2 Effects of different rates of organic manure application on the response of crop yield to N and P fertilizers

氮、磷化肥的 增产效应 Response of yield to N and P fertilizers	M ₀		M ₁		M ₂	
	年均增产 Mean annual yield increase (t/ha)	每公斤 N.P 增产粮食 Yield increased by 1kg N or P (kg)	年均增产 Mean annual yield increase (t/ha)	每公斤 N.P 增产粮食 Yield increased by 1kg N or P (kg)	年均增产 Mean annual yield increase (t/ha)	每公斤 N.P 增产粮食 Yield increased by 1kg N or P (kg)
N ₂ P ₂ -N ₀ P ₀	5.493	15.3	3.839	10.7	2.538	7.1
N ₁ P ₁ -N ₀ P ₀	3.765	17.9	3.209	15.3	2.390	11.4
N ₂ P ₂ -N ₁ P ₁	1.728	11.5	0.630	4.2	0.149	1.0

2.2 对土壤肥力的影响

2.2.1 供试土壤的基本生产力变化 土壤是农作物生长的基地。农田基本生产力的高低是综合反映土壤肥力水平的重要指标,同时可作为指导合理施肥的依据。所谓土壤的基本生产力(或称供肥能力),是指不施肥时的产量占施肥最高产量的百分率(即相对产量%)。

经过 13 年(26 季作物)的连续种植,停止施肥后的土壤基本生产力发生了显著的变

表 3 不同氮、磷化肥量对有机肥增产效应的影响

Table 3 Effects of different rates of N and P fertilizer application on the response of crop yield to organic manure

有机肥的增产效应 Response of yield to organic manure	N ₀ P ₀		N ₁ P ₁		N ₂ P ₂	
	年均增产 Mean annual yield increase (t / ha)	每吨有机肥增产粮食 Yield increased by 1 t organic manure (kg)	年均增产 Mean annual yield increase (t / ha)	每吨有机肥增产粮食 Yield increased by 1 t organic manure (kg)	年均增产 Mean annual yield increase (t / ha)	每吨有机肥增产粮食 Yield increased by 1 t organic manure (kg)
M ₂ -M ₀	4.842	24.0	3.467	17.2	1.887	9.3
M ₁ -M ₀	3.150	31.2	2.594	25.7	1.496	14.8
M ₂ -M ₁	1.692	16.8	0.873	8.6	0.392	3.9

化(见图 1)。由图 1 看出, 虽从停止施肥后的第 2 年起, 小麦和玉米的相对产量百分率降幅较大, 可在前 5 年中土壤对玉米和小麦的供肥能力的变化规律却大体相同。然而从第 6 年起, 玉米表现为升降交替变化的趋势, 而小麦是随着年度的推移而渐降低。13 年平均, 不施肥时的玉米相对产量达 45%, 小麦只有 30.5%。显然是土壤对玉米的供肥能力高于小麦。尽管如此, 由于这种不稳定的变化规律, 表明该土壤的基本生产力不仅随种植年限的延续而下降, 而且还有受气候等因素的影响, 导致季节性供肥的差异。可见, 从两熟制农业的持续高产和培肥土壤为目的时, 重视有机肥与无机肥的合理配施就显得更为重要。

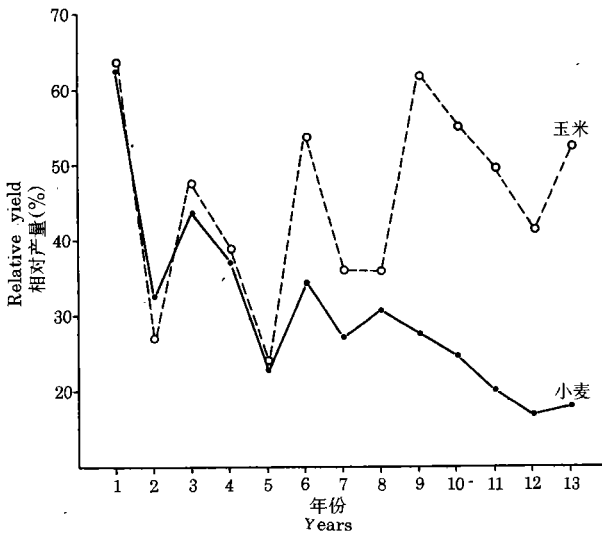


图 1 不同年份供试土壤的基本生产力变化

Fig.1 changes in the basic productivity of investigated Soils in different years

2.2.2 对土壤化学性质的影响

(1)大量营养元素的变化。从12年后与原土相比(见表4、5):①有机肥与氮、磷化肥配施及单施有机肥的处理,都能显著提高土壤有机质、全N、P和速效N、P、K的含量,尤其是速效P,其增量高达2.8—10.8倍。②单施氮、磷化肥时,土壤全N和速效P含量有一定增加,但有机质、全P及速效N的增量很少,处于维持平衡状态。而速效K含量明显降低,其量达35.3—40.9%。说明偏施两种化学元素,会引起其它土壤营养元素的亏缺。③连续12年不施肥时,除土壤全N略有增加外,其余均有不同程度的下降。其中以速效P降的最多,相对减量达59.3%。速效K的减量为34.1%。土壤大量营养元素的上述变化规律,大体上与国内外长期肥料定位试验结果相吻合^[1-4]。

表4 土壤全量养分含量变化

Table 4 Total nutrient changes of the soils

处理代号 Treatment NO.	有机质 (O.M.) (g/kg)		全氮 (Total N) (g/kg)			全磷 (Total P) (g/kg)			
	1980.6.	1992.6.	12年后 After 12 years ± (%)	1980.6.	1992.6.	12年后 After 12 years ± (%)	1980.6.	1992.6.	12年后 After 12 years ± (%)
1	11.81	11.378	-3.70	0.806	0.911	+13.03	0.787	0.680	-13.6
2	11.81	13.086	+10.80	0.806	1.002	+24.32	0.787	0.797	+1.27
3	11.81	12.429	+5.24	0.806	1.037	+28.66	0.787	0.849	+7.88
4	11.81	15.026	+27.23	0.806	1.119	+38.83	0.787	0.857	+8.89
5	11.81	15.144	+28.23	0.806	1.150	+42.68	0.787	0.968	+23.00
6	11.81	16.373	+38.63	0.806	1.181	+46.53	0.787	1.129	+43.46
7	11.81	16.961	+43.61	0.806	1.232	+52.85	0.787	1.092	+38.75
8	11.81	17.586	+48.90	0.806	1.326	+64.52	0.787	1.167	+48.28
9	11.81	17.492	+48.11	0.806	1.307	+62.16	0.787	1.213	+54.13

(2)微量营养元素的变化。长期定位施肥对土壤微量元素的影响虽有些报导,但因土壤性质和生态环境因素等的不同,其变化规律亦各异。本项研究测定土壤中全量及有效态Zn、Mn、Fe、Cu的含量见表6和表7。1985年与1992年相比,除全Cu含量有增加外,Zn、Mn、Fe的含量均有所下降。其中以全量Mn含量减少较多,依次减少顺序为Mn>Fe>Zn。可是土壤中有效态Zn、Mn、Fe、Cu的含量变化,却与上述略有不同。Fe变化不明显,Mn下降最多,Zn和Cu也有减少。从施肥对土壤微量元素含量的影响中看出,施有机肥能显著提高有效态Zn、Fe、Cu的含量水平。单施氮、磷化肥除有效态Fe的含量略有增加外,其他均不明显。出现这种差异,除了与作物吸收利用有关外,还有是施用有机肥补充了一定数量的微量元素,同时亦改善了土壤的环境条件。

2.2.2 对土壤化学性质的影响

(1)大量营养元素的变化。从12年后与原土相比(见表4、5):①有机肥与氮、磷化肥配施及单施有机肥的处理,都能显著提高土壤有机质、全N、P和速效N、P、K的含量,尤其是速效P,其增量高达2.8—10.8倍。②单施氮、磷化肥时,土壤全N和速效P含量有一定增加,但有机质、全P及速效N的增量很少,处于维持平衡状态。而速效K含量明显降低,其量达35.3—40.9%。说明偏施两种化学元素,会引起其它土壤营养元素的亏缺。③连续12年不施肥时,除土壤全N略有增加外,其余均有不同程度的下降。其中以速效P降的最多,相对减量达59.3%。速效K的减量为34.1%。土壤大量营养元素的上述变化规律,大体上与国内外长期肥料定位试验结果相吻合^[1-4]。

表4 土壤全量养分含量变化

Table 4 Total nutrient changes of the soils

处理代号 Treatment NO.	有机质 (O.M.) (g/kg)		全氮 (Total N) (g/kg)			全磷 (Total P) (g/kg)			
	1980.6.	1992.6.	12年后 After 12 years ± (%)	1980.6.	1992.6.	12年后 After 12 years ± (%)	1980.6.	1992.6.	12年后 After 12 years ± (%)
1	11.81	11.378	-3.70	0.806	0.911	+13.03	0.787	0.680	-13.6
2	11.81	13.086	+10.80	0.806	1.002	+24.32	0.787	0.797	+1.27
3	11.81	12.429	+5.24	0.806	1.037	+28.66	0.787	0.849	+7.88
4	11.81	15.026	+27.23	0.806	1.119	+38.83	0.787	0.857	+8.89
5	11.81	15.144	+28.23	0.806	1.150	+42.68	0.787	0.968	+23.00
6	11.81	16.373	+38.63	0.806	1.181	+46.53	0.787	1.129	+43.46
7	11.81	16.961	+43.61	0.806	1.232	+52.85	0.787	1.092	+38.75
8	11.81	17.586	+48.90	0.806	1.326	+64.52	0.787	1.167	+48.28
9	11.81	17.492	+48.11	0.806	1.307	+62.16	0.787	1.213	+54.13

(2)微量营养元素的变化。长期定位施肥对土壤微量元素的影响虽有些报导,但因土壤性质和生态环境因素等的不同,其变化规律亦各异。本项研究测定土壤中全量及有效态Zn、Mn、Fe、Cu的含量见表6和表7。1985年与1992年相比,除全Cu含量有增加外,Zn、Mn、Fe的含量均有所下降。其中以全量Mn含量减少较多,依次减少顺序为Mn>Fe>Zn。可是土壤中有效态Zn、Mn、Fe、Cu的含量变化,却与上述略有不同。Fe变化不明显,Mn下降最多,Zn和Cu也有减少。从施肥对土壤微量元素含量的影响中看出,施有机肥能显著提高有效态Zn、Fe、Cu的含量水平。单施氮、磷化肥除有效态Fe的含量略有增加外,其他均不明显。出现这种差异,除了与作物吸收利用有关外,还有是施用有机肥补充了一定数量的微量元素,同时亦改善了土壤的环境条件。

2.2.3 对土壤水分物理特征的影响 于1990年春(即连续定位施肥10年后)进行了土壤水分特征曲线测定。结果表明,施用有机肥或有机肥与氮、磷化肥配施者,对改善土壤水分物理特征有良好作用(详见表8)。与不施肥相比,土壤容重降低了0.13—0.24g/cm³,总孔隙度增加4.46—7.92%,通气孔隙增加4.67—10.46%,全容水量(指土壤全被水饱和时的含水量,以重量百分率表示)增加29.9—58.4g/kg,从而表明不仅改善了土壤的通透性能,而且还增强了土壤的蓄水能力。

表7 不同施肥处理土壤的有效态微量元素含量变化

Table 7 Soil available Trace elements changes in different treatments of fertilization

处理代号 Treatment NO.	有效锌 Zn Available (mg/kg)			有效锰 Mn Available (mg/kg)			有效铁 Fe Available (mg/kg)			有效磷 Cu Available (mg/kg)		
	1985	1992	7年后 After 7 years ± (%)	1985	1992	7年后 After 7 years ± (%)	1985	1992	7年后 After 7 years ± (%)	1985	1992	7年后 After 7 years ± (%)
1	0.386	0.20	-48.2	9.32	2.50	-73.2	5.40	5.32	-1.5	1.44	1.14	-20.8
2	0.565	0.22	-61.1	9.50	2.28	-76.0	5.70	5.80	+1.7	1.43	1.14	-20.8
3	0.422	0.20	-52.6	13.87	2.32	-83.3	5.83	5.94	+1.9	1.40	1.14	-18.6
4	0.733	0.66	-10.0	14.41	2.12	-85.3	7.34	6.36	-13.4	1.51	1.24	-17.9
5	0.746	0.74	-0.8	12.99	2.34	-82.0	8.22	7.26	-11.7	1.52	1.26	-17.1
6	0.804	0.60	-25.4	12.77	1.82	-85.8	7.42	7.20	-3.0	1.55	1.14	-26.4
7	0.913	1.60	+75.2	13.04	2.06	-84.2	8.30	8.72	+5.1	1.60	1.34	-16.2
8	0.807	1.12	+38.8	12.59	2.12	-83.2	8.06	8.74	+8.4	1.51	1.28	-15.2
9	1.097	1.12	+2.1	17.62	2.20	-87.5	9.14	8.42	-7.9	1.66	1.28	-22.9

表8 施肥对土壤水分物理特征的影响

Table 8 Effect of fertilization on the physical characteristics of soil water

处理代号 Treatment NO.	比重	容重	总孔隙度	通气孔隙	田间持水量	凋萎湿度	有效水含量	全容水量
	Specific gravity (g/cm ³)	Bulk density (g/cm ³)	Total porosity (%)	Aeration porosity (%)	Field capacity (g/kg)	Wilting humidity (g/kg)	Available water content (g/kg)	Saturated water content (g/kg)
1	2.70	1.41	47.97	18.00	212.5	149.8	62.7	464.9
3	2.75	1.37	49.35	21.40	204.0	178.6	25.4	467.4
4	2.69	1.23	54.19	26.17	227.8	171.3	56.5	503.8
6	2.69	1.27	52.70	24.49	222.1	182.5	39.6	505.9
7	2.64	1.13	55.86	28.46	234.2	168.5	65.7	523.3
9	2.65	1.25	52.53	22.67	238.9	158.7	80.2	494.8

2.2.4 对土壤生物性质的影响 由于连续多年施肥影响了土壤的理化性质,从而改变了土壤中的生物平衡。据 1988—1989 年的测定结果表明(见表 9): (1)在一定的时间(25 天)内,不同施肥处理土壤的 CO_2 释放量有明显差异。施肥处理与不施肥者相比,其中单施氮、磷化肥者增加 13.1—18.6%,有机肥与氮、磷化肥配施的增量则高达 46.9—115.5%,且有随有机肥施量增加而增多。(2)连续 9 年施用有机肥或是有机肥与氮、磷化肥配施的处理,放线菌、固 N 菌及细菌总数均有显著增加,而单施氮、磷化肥者,除放线菌有所增加外,细菌总数却是随氮、磷化肥施量的增加而减少,固 N 菌则随其施量的增加而增加。

2.3 对土壤养分平衡的影响

当肥料施进土壤里,除作物能吸收利用一部分养分外,同时还要与土壤发生一系列的转化过程,如挥发、淋失、固定等。因此盈余部分不可能全部以有效态残留于耕层土中。现根据 13 年试验各处理每公顷每年投入的总 N、 P_2O_5 、 K_2O (有机肥的养分含量不很精确)量,与作物吸收量之间相比较,粗略地估算了各处理养分盈亏状况如表 10。由表 10 中可以看出,凡是有机肥与氮、磷化肥配施的处理,N、 P_2O_5 、 K_2O 养分量均有盈余,以 P、K 多,N 较少。这种规律与土壤养分测定结果较相近。尤其是磷素在土壤耕层内累积量显著增加,说明这与磷的移动性小有关。而氮、钾能随水移动,故累积量较少。

表 9 不同施肥处理对土壤呼吸强度及微生物数量的影响

Table 9 Effect of different fertilization treatments on the respiration intensity and the number of microbes of soils

处理代号 Treatment NO.	土壤呼吸强度 Soil respiration intensity		细菌总数 Total bacteria		固 N 菌 Azotobacter		放线菌 Actinomyces	
	CO_2		个 / 1 克干土 Number in 1g dry soil		个 / 1 克干土 Number in 1g dry soil		个 / 1 克干土 Number in 1g dry soil	
	(mg / 100g 土)	± (%)	± (%)	± (%)	± (%)	± (%)	± (%)	± (%)
1	11.068		3.828×10^6		220		8.8×10^4	
2	13.125	+18.6	3.982×10^6	+4.0	110	-50	25.3×10^4	+187.5
3	12.522	+13.1	3.74×10^6	-2.3	330	+50	13.2×10^4	+50.0
4	15.378	+38.9	5.896×10^6	+54.0	660	+200	26.4×10^4	+200.0
5	16.264	+46.9	4.51×10^6	+17.8	660	+200	38.5×10^4	+337.5
6	18.333	+65.6	3.608×10^6	-5.7	550	+150	33×10^4	+275.0
7	17.268	+56.0	5.06×10^6	+32.2	990	+350	34.1×10^4	+287.5
8	23.851	+115.5	5.544×10^6	+44.8	440	+100	13.2×10^4	+50.0
9	20.906	+88.9	4.818×10^6	+25.9	440	+100	40×10^4	+354.5

综上所述,以持续高产和提高土壤肥力为目的,则在本试验土壤条件下,每年每公顷农田两季产粮 15 吨的投肥量,应以每年施有机肥 8—10 吨,化肥纯 N240—300kg、 P_2O_5 120—150kg 为宜。

表 10 不同施肥处理对土壤 N、P、K 养分平衡的影响 (公斤 / 公顷 · 年⁻¹)
 Table 10 Effects of different fertilization treatments on the nutrient balance of soil N, P and K (Unit: kg / ha · year⁻¹)

处理代号 Treatment NO.	N				P ₂ O ₅				K ₂ O					
	作物吸收量 Plant uptake		施入量 Amount applied		作物吸收量 Plant uptake		施入量 Amount applied		作物吸收量 Plant uptake		施入量 Amount applied			
	小麦 Wheat	玉米 Corn	合计 Total	Profito- rloss (%)	小麦 Wheat	玉米 Corn	合计 Total	Profito- rloss (%)	小麦 Wheat	玉米 Corn	合计 Total	Profito- rloss (%)		
1	36.45	56.55	93.00	-100.0	0	15.15	28.35	43.50	-100.0	0	36.90	80.10	117.00	-100.0
2	81.75	96.60	178.35	-15.9	60.0	27.75	37.65	65.40	-8.3	0	50.55	93.45	144.00	-100.0
3	110.10	127.50	237.60	+1.0	120.0	35.40	45.45	80.85	+48.4	0	90.15	113.70	203.85	-100.0
4	60.45	97.35	157.80	-20.2	202.5	30.75	64.95	95.70	+111.6	1524	70.35	150.15	220.50	+591
5	113.70	136.95	250.65	+10.1	262.5	45.75	61.50	107.25	+144.7	1524	130.95	178.20	309.15	+393.2
6	148.95	150.90	299.85	+22.0	322.5	53.40	60.60	114.00	182.9	1524	144.00	172.35	316.35	+381.5
7	83.25	113.10	196.35	+28.3	405.0	42.75	67.95	110.70	+265.8	3045	101.40	167.55	268.95	+1034.0
8	125.70	146.85	272.55	+47.5	465.0	52.50	64.35	116.85	+297.9	3045	143.85	195.90	339.75	+794.3
9	158.70	169.65	328.35	+49.8	525.0	54.75	72.45	127.20	+312.7	3045	157.65	193.65	351.30	+767.5

参 考 文 献

1. 沈善敏, 1984: 国外的长期肥料试验。土壤通报, 第2—4期, 85—91, 134—138, 184—185页。
2. 林葆、林继雄, 1985: 有机肥与化肥配合施用的定位试验研究。土壤肥料, 第5期, 22—27页。
3. В · А · Василбев, 1984: 集约农业和工业化畜牧业条件下有机肥料的使用。土壤学进展, 第5期, 28—35页。
4. 马成泽, 1989: 肥料配合施用对农田生产力和土壤有机质平衡的影响。国际平衡施肥学术讨论会论文集, 446—451页, 农业出版社。

EFFECT OF COMBINED APPLICATION OF ORGANIC MANURE AND FERTILIZERS ON CROP YIELD AND SOIL FERTILITY IN A LOCATED EXPERIMENT

Liu Xinglan Gao Zong Liu Cunshou and Si Lizheng

(Soil and Fertilizer Institute, Shaanxi Academy of Agricultural Sciences, 712100)

Summary

Effects of combined application of organic manure and chemical fertilizers on crop yields, Soil fertility and nutrient balance were studied systematically according to the results of a 13-year located experiment. The results show that the basic productivity of low soil in Guanzhong could be kept in a shorter period of time. The amounts of soil nutrients supplied for corn were higher than those for wheat. So, the application of N and P in combination with organic manure would be an efficient way for raising crop yields and soil fertility in irrigated area.

Key words Long-term located experiment, Organic manure, Chemical fertilizer, response of crop yield, Soil fertility