

黄潮土养分供应特征及演变规律

朱洪勋 沈阿林 张翔 孙春河

(河南省农科院土肥所, 郑州 450002)

摘要

15年定位监测结果表明:不同施肥结构对小麦、玉米产量有明显影响,各处理单产依次为:MNPK>MNP>MN>NPK>NP>N>M¹⁾>CK。长期不施肥区,土壤养分供应不足,产量逐年下降。基础地力贡献率平均为37.2%,肥料的增产贡献率为62.8%。在肥料中有机肥占25.2%,化肥占74.8%。在化肥中氮占64.6%,磷占27.2%,钾占8.2%。有机肥有明显改土培肥作用,有利土壤物理性改善,增强作物抗逆,提高产量的稳定性。施肥处理区土壤速效钾出现亏缺,在生产上应注意钾肥施用。

关键词 黄潮土, 供肥特征, 长期定位试验

潮土是河南省分布最广的一个土类,占耕地面积的43.3%左右。小麦-玉米轮作是潮土区主要的轮作制度。近年来,随着化肥投入量的不断增加,农田投肥结构发生了重大变化,在作物产量不断提高的同时,影响着土壤肥力的演变方向。另一方面,由于用肥量的增加,投资成本也随之提高,农业产投效应开始引起人们的日益关注。因此,寻求既能降低成本、提高产量,又能培肥地力、促进农业持续增长的科学施肥途径,成为目前生产中的主要问题。短期肥料试验在指导和解决生产问题中起着积极作用,然而无法避免气候或其它自然灾害因素的影响,亦无法监测土壤肥力的演变^[1,3],故其局限性很大。长期定位肥料试验是阐明和解决上述问题的根本途径。为此,我们于1980年始进行了该项研究,拟为今后科学指导施肥,持续发展农业服务。

1 材料与方 法

试验布置在河南农科院试验农场,供试土壤为黄潮土,0—50cm为砂壤,50—80cm为胶泥。0—20cm土壤有机质为12.3g/kg,全氮0.72g/kg,全磷(P₂O₅)1.43g/kg,全钾(K₂O)21.2g/kg,碱解氮83.5mg/kg,速效磷(P₂O₅)23.7mg/kg,速效钾(K₂O)127.0mg/kg, pH8.8。

试验按“六五”《全国化肥网协作研究计划》编号05进行,采用裂区设计。试验设两个主处理:①不施有机肥;②施有机肥;四个副处理:①CK(不施肥);②施氮;③施氮磷;④施氮磷钾。8个处理,重复4次,拉丁方排列,小区面积46.7m²。1980—1993年,年施纯氮(N)16kg/mu,小麦、玉米各半;磷(P₂O₅)和钾(K₂O)年各施8kg/mu。1993年后,氮为20kg/mu·yr,磷(P₂O₅)10kg/mu·yr,钾(K₂O)

1) M代表有机肥。

用量不变。有机肥主要为堆肥和饼肥, 堆肥用量为 2000kg /mu · yr (N1.49g /kg, P₂O₅ 3.14g /kg, K₂O 3.61g /kg); 饼肥 100—150kg /mu · yr (N4.52g /kg, P₂O₅ 25.9g /kg, K₂O 17.8g /kg)。有机肥或饼肥, 磷、钾肥均为种麦时一次底施。小麦 N 肥 60% 底施, 40% 在返青拔节期追施; 玉米氮肥全作追施, 6 叶期追施 1 / 3, 11—12 叶期追施 2 / 3。

供试小麦品种为百农 3217、冀 5418、豫麦 13、郑州 941; 玉米品种为郑单 2 号、豫玉 1 号、郑单 8 号。供试氮肥为尿素, 磷肥为普钙或重钙, 钾肥为氯化钾或硫酸钾, 其它中耕、灌水、防治病虫害等田间管理同一般丰产田。收获期取植株样和土样, 经常规处理后供分析用。

2 结果与分析

2.1 不同施肥结构小麦、玉米产量的肥料反应

表 1 列出了试验第一年和试验末期 (第 15 年) 小麦、玉米的产量。结果表明: (1) 试验第一年, 小麦和玉米对氮肥的反应较明显, 单施氮肥较对照区增产 18.4%; 磷钾化肥的效应较低, 说明土壤磷钾供应能力较强, 供氮能力弱。然而, 经 15 年轮作后, 无肥区产量明显下降, 总产较试验初减产一倍, 单施氮区产量较对照增 60.9%, 但与试验初对应处理区产量相比, 有较大减产, 这主要是磷钾等营养连年耗竭而得不到补充所造成的。也正因如此, 轮作 15 年后磷钾肥肥效明显增加, NP 或 NPK 配施区产量较单施 N 区有较大幅度的提高。(2) 施有机肥有一定的增产效果, 单施时, 第 1 年较对照增 5.2%, 轮作 15 年后单施有机肥较对照增 75.9%; 有机肥与氮或氮磷肥配施有一定的正连应效果^[2]。(3) 经统计分析和邓肯氏检验, 试验第一年中 NP、NPK、MN、MNP 和 MNPK 区的总产量无显著差异, 而轮作 15 年后, MNPK 区与其它各处理区产量呈显著或极显著差异。说明有机无机肥配合和氮磷钾平衡施肥对于保持土壤持续生产能力, 稳定和提提高作物产量的重要性。

表 1 不同施肥结构下轮作 15 年前后小麦、玉米的产量比较

Table 1 Difference of the yields of wheat and maize between 1981 and 1995 under different fertilization conditions

处理 treatment	1981				1995			
	小麦产量 Yield of wheat (kg /mu)	玉米产量 Yield of maize (kg /mu)	总产 Total yield (kg /mu · yr)	增产 Yield increase (%)	小麦产量 Yield of wheat (kg /mu)	玉米产量 Yield of maize (kg /mu)	总产 Total yield (kg /mu · yr)	增产 Yield increase (%)
CK	293.1	332.0	625.1 c ¹⁾	—	117.1	191.2	308.3 d ¹⁾	—
N	347.2	392.6	739.8 b	18.4	218.6	277.5	496.1 c	60.9
NP	345.9	422.6	768.5 a	22.9	409.7	315.9	725.6 b	135.4
NPK	372.2	431.3	803.5 a	28.5	420.3	372.5	792.8 b	157.2
M	307.0	350.3	657.3 c	5.2	306.9	235.4	542.3 c	75.9
MN	387.5	403.3	790.8 a	26.5	434.2	33.09	765.1 b	148.2
MNP	395.9	427.0	822.9 a	31.6	445.2	338.3	783.5 b	154.1
MNPK	383.9	436.3	820.2 a	31.2	491.0	405.9	896.9 a	190.9

1) 邓肯氏检验 P=0.05。

表 2 不同施肥对作物产量的影响

Table 2 The effect of different fertilization on crop yields (kg /mu)

作物 Crop	年份 Year	CK	N	NP	NPK	M	MN	MNP	MNPK
小 麦	81	293.1	347.2	345.9	372.2	307.0	387.5	395.9	383.9
	82	158.3	346.9	385.1	377.4	291.1	382.3	374.3	403.7
	83	145.0	335.4	366.4	366.1	182.2	403.9	381.4	384.3
	84	122.9	298.7	308.7	314.0	171.1	323.2	323.8	329.9
	85	110.0	276.8	297.6	306.0	206.4	321.5	327.0	339.8
	86	83.0	295.0	344.6	339.3	131.7	385.6	410.0	384.0
	87	67.3	245.0	309.0	319.0	287.6	365.3	401.3	420.6
	88	63.3	222.0	277.6	287.3	113.3	331.0	321.3	324.0
	89	114.3	276.3	461.6	410.6	203.3	456.3	490.0	480.0
	90	120.9	235.6	408.3	440.0	257.0	449.3	436.6	472.3
	91	110.0	281.4	368.6	399.5	174.3	414.3	434.3	394.3
	92	92.9	185.7	385.7	360.0	222.5	385.7	407.1	425.7
	93	118.6	175.7	344.3	362.9	180.0	334.3	352.9	372.9
	94	128.0	134.5	325.1	385.3	240.8	324.1	419.7	427.2
	95	117.1	218.6	409.7	420.3	306.9	434.2	445.2	491.0
	Σ	1844.1	3894.4	5338.2	5459.9	3275.6	5698.5	5883.8	6033.6
	X̄	122.9	259.6	355.9	363.9	218.4	379.9	392.3	402.2
S _x	57.9	58.4	50.02	42.8	60.8	54.6	49.9	48.3	
CV%	41.1	21.4	14.2	12.1	29.0	13.7	12.9	12.3	
玉 米	81	332.0	392.6	422.6	431.3	350.3	403.3	427.0	436.3
	82	272.0	281.6	296.4	258.6	297.0	253.6	250.3	232.3
	83	253.0	544.0	521.3	539.6	275.0	561.0	576.3	553.6
	84	105.0	232.3	235.0	270.3	114.7	244.4	257.7	255.0
	85	228.6	425.0	424.6	460.0	259.6	454.0	469.0	494.0
	86	273.3	544.0	539.3	537.6	329.0	612.9	601.0	623.3
	87	248.3	526.3	511.3	533.0	327.6	608.9	565.0	603.3
	88	230.6	477.6	472.6	543.3	341.0	531.3	508.3	555.0
	89	157.3	436.6	444.6	452.3	287.6	467.6	466.0	493.6
	90	88.0	297.3	313.0	392.6	166.3	384.3	378.0	446.3
	91	125.7	257.1	352.9	372.9	195.7	375.7	425.7	477.1
	92	44.3	134.3	220.0	240.0	132.9	225.7	264.3	311.4
	93	257.1	301.4	420.0	510.0	301.4	374.3	460.0	525.7
	94	118.6	227.1	307.1	334.3	190.0	304.3	318.6	365.7
	95	191.2	277.5	315.9	372.5	235.4	330.9	338.3	405.9
	Σ	2925.0	5354.7	5796.6	6248.3	3823.5	6132.2	6306.0	6778.5
	X̄	195.0	357.0	386.5	416.6	254.9	408.8	420.4	451.9
S _x	87.2	132.1	106.2	111.9	81.8	132.4	119.3	125.3	
CV%	43.3	35.4	26.7	26.2	31.3	31.2	27.5	27.1	
全年平均 比 CK 增产 (kg /mu)		317.9	616.6	742.4	780.5	473.3	788.7	812.7	854.1
(%)			298.7	424.5	462.6	155.4	470.8	494.8	536.2
			94.0	133.5	145.5	48.9	148.1	155.6	168.7

2.2 不同施肥结构小麦、玉米产量的历年变化及肥料贡献率

由表2可知,(1)施肥处理较对照年增粮食 155.4—536.2kg /mu, 增产 48.9—168.7%。增产程度因施肥结构而异, 年平均单产依次为: MNPK>MNP>MN>NPK>NP>N>M>CK。(2)不施肥、单施氮或有机肥, 因土壤供肥不足, 养分比例不协调, 产量呈下降趋势, 且年际间受气候条件影响波动较大, 特别是夏玉米, 变异系数(CV%)高达31.2%—43.3%, 抗逆能力较弱。而氮磷钾与有机肥配合施用, 产量一直保持相对较高水平, 与对照区相比达到极显著差异, 而且年限间产量波动较小, 说明肥料的合理施用能保证养分充足协调供应, 达到明显的增产目的。尤其是有机肥在促进作物的稳产性方面具有显著作用。(3)随着轮作年限增加, 钾肥的产量效应逐渐明显, 施钾处理91—95年5年的平均粮食产量较不施区增9.2%, 较81—85年施钾区5年的平均产量对不施钾区的增产率(2.7%)绝对值提高了6.5个百分点。在玉米上表现突出, 从前5年的平均增产率3.2%提高到后5年的13.2%。这与夏玉米对钾有较高需求以及玉米生长季节的水热状况有利于钾素肥效发挥有关。

表3数据表明, 定位施肥15年, 由于对照区产量逐年下降, 土壤地力对作物产量的贡献率^[4](无肥区产量 / 最高产量 × 100%)较试验第1年有明显下降, 试验初的1981年为76.2%, 至1995年仅为34.4%, 15年平均为37.2%; 肥料的贡献率则由试验初的23.8%提高到65.6%, 平均为62.8%。其中有机肥为25.2%, 化肥为74.8%; 在化肥中氮占64.6%, 磷、钾化肥分别为27.2%和8.2%。说明化肥是小麦、玉米增产的主要途径, 氮则是最主要的增产因子。

表3 土壤、肥料各组分对产量的贡献率

Table 3 Contribution of soil fertility and fertilizers to yield increase

项 目	比对照增产	增产率	平均增产贡献率*
Item	Yield increase (kg /mu)	Increase rate (%)	Average on distribution to yield increase (%)
CK	0	0	37.2
M	155.4	48.9	25.2
NPK	462.5	145.5	74.8
M+NPK	536.2	168.7	
N	298.7	94.0	64.6
P ₂ O ₅	125.8	39.6	27.2
K ₂ O	38.1	12.0	8.2
NPK	462.6	145.5	

$$* \text{肥料的增产贡献率}(\%) = \frac{\text{施肥处理最高产量} - \text{不施肥处理产量}}{\text{施肥处理最高产量}} \times 100\%;$$

$$\text{某肥料组分的增产贡献率}(\%) = \frac{\text{某组分增产量}}{\text{各组分增产量之和}} \times 100\%。$$

表4 长期肥料定位15年耕层土壤养分收支平衡状况(kg/mu)

Table 4 Balance of soil (0—20cm) nutrients after 15 year's rotation

处理 Treatment	15年总产量 Total Yield during 15 years (kg/mu)	总施入量 Total input			总带出量 Total output			盈亏量(+/-) Balance		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		CK	4769.1	0	0	0	88.72	57.32	107.98	-88.72
N	9249.1	252.0	0	0	219.70	83.97	200.46	32.3	-83.97	-200.46
NP	11134.8	252.0	126.0	0	244.71	113.23	228.71	7.29	12.77	-228.71
NPK	11708.2	252.0	126.0	120	262.56	115.88	272.85	-10.56	10.12	-152.85
M	7099.1	66.05	61.30	55.61	116.49	69.09	144.39	-50.44	-7.79	-88.78
MN	11830.1	318.05	61.30	55.61	239.97	100.7	226.37	78.08	-39.4	-170.76
MNP	12189.8	318.05	187.30	55.61	261.97	122.92	245.53	56.08	64.38	-189.92
MNPK	12812.1	318.05	187.30	175.61	266.46	125.29	304.61	51.59	62.01	-129

表5 不同施肥结构土壤养分的变化

Table 5 The changes of soil nutrients under different fertilization

年份 Year	有机质 Organic matter (g/kg)								碱解氮 Available N (mg/kg)							
	CK	N	NP	NPK	M	MN	MNP	MNPK	CK	N	NP	NPK	M	MN	MNP	MNPK
	81—85	11.6	12.4	12.5	12.6	12.5	12.8	13.1	12.1	52.4	59.5	58.9	58.0	60.5	67.0	58.8
与试验 前比±%	-5.7	+0.8	+1.5	+2.4	+1.5	+3.7	+6.8	+5.5	-37.2	-28.8	-29.5	-30.6	-27.5	-19.7	-29.6	-30.5
86—90	11.6	12.2	12.6	13.2	12.8	13.4	13.4	13.5	51.2	53.1	46.6	56.6	58.8	56.4	55.9	57.4
与试验 前比±%	-5.7	-1.0	+2.4	+7.0	+3.7	+8.9	+8.9	+9.8	-38.6	-36	-44.2	-32.2	-29.5	-32.5	-33	-31.3
91—95	11.4	11.9	12.6	13.1	13.0	13.1	13.2	13.8	44.4	51.8	41.6	50.5	56.8	61.0	56.2	56.9
与试验 前比±%	-7.3	-3.3	+2.4	+6.8	+6.0	+6.8	+7.0	+12.0	-46.8	-38	-50.2	-39.4	-32.0	-26.9	-32.7	-31.8
	速效磷(P ₂ O ₅) Available P(mg/kg)								速效钾(K ₂ O) Available K (mg/kg)							
	CK	N	NP	NPK	M	MN	MNP	MNPK	CK	N	NP	NPK	M	MN	MNP	MNPK
	81—85	21.8	20.8	23.8	24.3	23.4	23.2	25.9	26.4	107.2	111.6	106.6	116.8	114.2	116	109.2
与试验 前比±%	-7.9	-11.9	+0.6	+2.7	-1.1	-2.9	+9.3	+11.5	-15.6	-12.1	-16.1	-8.1	-10.1	-8.3	-14	-8.1
86—90	15.7	13.5	23.9	24.3	18.5	18.2	30.7	33.1	104.4	95.4	96.0	111.2	105.2	100.8	96.8	115.4
与试验 前比±%	-33.7	-43	+0.7	+2.7	-22.0	-23.4	+29.5	+39.5	-17.8	-24.9	-23.8	-12.0	-18.4	-20.6	-23.8	-9.1
91—95	10.8	7.02	26.5	26.1	12.0	8.4	34.0	34.0	83.8	78.2	80.6	97.8	87.6	83.2	78.4	88.8
与试验 前比±%	-54.3	-70.4	+11.8	+10.1	-49.2	-64.5	+43.5	+43.5	-34.0	-38.4	-36.5	-23.0	-31.0	-34.5	-38.3	-30.1

2.3 不同施肥结构土壤养分的盈亏和历年变化

表4、表5分别列出了轮作15年后不同施肥结构土壤养分的盈亏和历年变化。表4显示: 无肥区15年共从土壤中移出氮、磷(P_2O_5)、钾(K_2O)养分分别为88.72、57.32和107.98kg /mu, 系绝对亏损; N处理年亩均施氮16.8kg, 土壤氮素明显积累, 而磷钾因得不到补充, 分别亏损83.97和200.46kg /mu; 氮磷配施区由于氮磷肥的交互作用, 作物产量提高, 导致土壤氮和磷平衡略余, 钾素亏损较单施氮肥区更为严重; 氮磷钾配施区, 由于产量进一步提高, 年亩施16.8kg氮和8kg钾(K_2O), 仍不足以维持土壤氮钾平衡。年亩施相当于4.4kg氮, 4.1kg磷(P_2O_5)和3.7kg钾(K_2O)的有机肥而不施任何化肥, 即使产量水平不高亦无法保持土壤养分平衡。当施用16.8kg/mu纯氮, 同时配施有机肥, 土壤氮素积累明显, 磷钾亏缺也得到部分缓解; 而有机肥与氮磷或氮磷钾配施, 除土壤钾素亏缺外, 氮磷盈余明显。上述分析说明, 单施有机肥或某种化肥, 不能维持土壤基本肥力, 养分呈逐渐耗竭状态, 不利作物产量持续增长。只有采取氮、磷、钾或氮、磷、钾与有机肥合理配施才能达到既培肥地力又满足作物高产对养分的需要。

表6 不同施肥处理化肥单位养分增产效益分析。(kg /kg)

从表 5 看出, 与试验前土壤比较, 土壤有机质除 CK 和 N 处理外, 其它处理区基本保持平衡, 并呈逐渐增加之趋势, 施磷肥处理区的土壤速效磷逐渐增加, 其它处理则有不同程度下降; 碱解氮和速效钾均呈下降趋势。因此从土壤养分平衡的角度考虑, 在潮土区应注意在目前施 N 水平上适当增施 N 肥和钾素。在钾源不足的情况下, 宜采取增施有机肥料和秸秆还田等措施, 以维持土壤钾素平衡。

2.4 不同施肥结构单位养分的增产效应分析

表 6 结果表明: 施或不施有机肥, 氮磷钾养分对小麦玉米的增产效果均为 $N > P_2O_5 > K_2O$, 但单位养分增产率不同。不施有机肥时, 每公斤氮年均增产小麦 16.8kg, 玉米 14.7kg; 每公斤 P_2O_5 平均增产小麦 11.8kg, 玉米 5.5kg; 每公斤 K_2O 平均增产小麦 2.5kg, 玉米 4.6 公斤。施有机肥时, 每公斤氮平均增产小麦 19.6kg, 玉米 19.3kg; 较不施有机肥肥效分别提高 16.7% 和 31.3%; 每公斤钾 (K_2O) 增产小麦 2.2kg, 玉米 5.1kg; 较不施有机肥时肥效提高 2.8%; 而每公斤磷, 增产小麦 2.8kg, 玉米 3.7kg, 较不施有机肥时的肥效明显减少, 这可能是土壤中固定磷素的活化和有机肥本身提供较多的磷所致。

2.5 不同施肥结构土壤物理性差异

土壤肥力的高低实际上是土壤水、肥、气、热诸条件综合协调好坏的结果。土壤养分供应状况与土壤水气热条件密切相关, 不同施肥结构下连续 15 年轮作后土壤耕层容重和三相比都发生了不同程度的变化。N 和 NP 处理区由于作物产量提高, 增加了土壤中根茬数量, 使土壤变化稍微疏松, 总孔度变大; 施有机肥处理土壤容重减少 7.19—12.95%, 总孔度增加 8.0—14.3%; 从而改善了潮土物理性能, 达到水肥气热协调。

3 结 语

1. 不同施肥结构对潮土养分供应及肥力演变有深刻影响。长期不施肥, 土壤养分供应能力明显减弱, 作物产量逐年下降; 基础地力对产量贡献率由试验第 1 年的 76.2% 下降至试验末期的 34.4%。施用化肥, 特别是有机肥与氮磷钾化肥配施能明显增加土壤养分供应能力, 对维持养分平衡起重要作用。

2. 随着轮作年限增加, 肥料在作物增产中的作用日益明显, 15 年平均肥料增产贡献率为 62.8%。其中, 有机肥占 25.2%, 化肥占 74.8%; 在化肥中 N 占 64.6%, P_2O_5 占 27.2%, K_2O 占 8.2%。有机肥具有明显的促进作物稳产性的作用。

3. 潮土区在目前以 N、P 化肥为主, 有机肥为辅的施肥模式下, 土壤 N、P 养分略有盈余, 但 K 处于逐渐亏缺状态。因此生产上必须注意补充钾肥或通过秸秆还田、增施有机肥来达到平衡钾素目的。

4. 氮磷配合或有机肥与氮磷化肥配合, 能稳定和提高了土壤有机质水平, 改善土壤孔隙状况, 降低容重, 增加孔隙度, 使土壤水、肥、气、热趋于协调方向发展。

参 考 文 献

1. 林葆、林继雄、林家康, 1994: 长期施肥的作物产量与土壤肥力变化。植物营养与肥料学报, 第 2 期, 6—18 页。
2. 朱洪勋、张翔、孙春河, 1995: 不同施肥结构的增产效应对小麦籽粒品质的影响。华北农学报, 第 2 期, 100—105 页。
3. 沈善敏, 1984: 国外的长期肥料试验(一)、(二)、(三)。土壤通报, 第 5 卷, 2—4 期。
4. 刘振兴、杨振华、邱孝煊等, 1994: 肥料增产贡献率及其对土壤有机质的影响。植物营养与肥料学报, 第 1 期, 19—26 页。

NUTRIENTS SUPPLYING CHARACTERISTICS AND EVOLUTION REGULARITIES OF YELLOW FLUVO-AQUIC SOIL

Zhu Hongxun Shen Alin Zhang Xiang and Sun Chunhe

(Soil and Fertilizer Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002)

Summary

Through a 15-year field monitoring location experiment, the nutrients supplying characteristics of yellow fluvo-aquic soil and their changes in the different fertilization systems were studied. The results indicated that fertilizer structure affected greatly crop yields. Under the rotation system of wheat and maize, the average yields of various treatments were in the order of MNPK > MNP > MN > NPK > NP > N > M > CK. The soil without application of fertilizer in the long-term rotation was poor in the nutrients supplying ability, thus resulting in the decreasing of crop yields year by year. The contribution rate of soil basic fertility and fertilizers to crop yields averaged 37.2% and 62.8%, respectively. In the contribution of fertilizers to crop yield, 25.2% was attributed to organic manure and 74.8% to chemical fertilizers in which N, P and K fertilizers accounted for 64.6%, 27.2% and 8.2%, respectively. Organic manure played an important role in improving soil fertility, improved the soil physical properties and enhanced the adverse resistance and steady high yields of crops. The soil available K deficiency appeared in all of the fertilization treatments. So, attention must be paid to the applying of potash fertilizer so as to maintain potassium balance in the soil.

Key words Yellow fluvo-aquic soil, Nutrients supplying characteristics, Long-term location experiment