

旱塬长期施肥对冬小麦产量 及土壤养分的影响

党廷辉 彭琳 戴鸣钧 李青

中国科学院
西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100
水利部

提 要

该文通过8年的小麦连作定位施肥试验,结合室内分析,探讨了施用不同肥料对作物产量和土壤养分的影响。结果表明:1. M、NP、NPM施用能够稳定增产,增产幅度为49.4%~141.6%,以NPM配施效果最好,其次为NP配施;2. M、NP、NPM施用,增加土壤有机质(NP配施影响不大),全氮,碱解氮,速效磷和无机磷组分的含量。N、P单施,只增加土壤相应元素含量。3. 在生产中,要提倡NPM配施,在有机肥短缺时,也应做到NP配施。这样才能实现高产培肥的目的。

关键词:旱塬 冬小麦 土壤养分。

Effect of Long-term Fertilization on both Soil Nutrient and Crop Yield of Dry High Land

Dang Tinghui Peng Lin Dai Mingjun Li Qing

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica
and Ministry of Water Resources, Yangling Shaanxi, 712100)

Abstract

A long-term experiment was used to investigate the effects of fertilizers and fertilization on both soil nutrients and crop yield of winter wheat grown in dry highland from 1984 to 1992. The trial treatments was as follows, CK, M, N, P, NP and NPM. Results showed that crop yield was increased stably under the treatment of long-term applying manure(M), nitrogen and phosphours (NP) and NPM fertilizer with a range from 49.4% to 141.6%. The most significant effect of the treatments on yield increase was NPM. The rate of yield increase was 75% and 50% for N and P application respectively. Contents of soil organic matter, total N, available N and P went up after M and NPM fertilization. However, use of N and p individually could only enlarge the amount of the relevent element in soil, but not the organic matter, It is suggested to use NPM mixture in agricultural production pratice and to apply NP mixfure when manure is shortage, which can assure to achieve the aim of high yield and fertile soil.

Key words long-term fertilization crop yield soil nutrient dry highland

施肥的目的在于提高作物的生产力。其实质是提高土壤营养元素含量,进而满足作物生长的养

分需求,以达到高产的目的。然而长期施用单一种类的肥料,及几种肥料配施能否实现稳定高产,它们对土壤肥力影响如何?众说纷云^{[1][2][3][4][5]},且多数试验是在有灌溉条件或降水充足地方进行的。旱塬区试验报道甚少。该试验通过8年的小麦连作定位施肥试验,探讨旱塬区长期施肥对作物产量及土壤养分的影响,为旱塬合理施肥,提供科学依据。

一、材料与方法

试验布设在长武县十里铺村塬地上,无灌溉条件,年均降雨量584.1mm,其中7、8、9三个月降雨量占全年降雨量的55%,小麦生育期降水量只占全年降雨量的45%。属典型的旱塬雨养农业区。

供试土壤为黑垆土,其耕层0~20cm含有机质10.8g/kg,全氮0.62g/kg,碱解氮37mg/kg,速效磷3.0mg/kg,速效钾174.9mg/kg,氮磷贫乏。

试验设(1)CK、(2)M、(3)N、(4)P、(5)NP、(6)NPM(M为5t/亩有机质、N为8kg/亩、N、P为4kg/亩 P_2O_5)六个处理,重复3次,共18个小区,小区面积0.1亩。供试小麦品种为7211、131。氮肥为尿素(含N46%),磷肥为过磷酸钙(含 P_2O_5 10%~12%),有机肥为土粪(含有机质1.77%~1.9%,全氮0.1157%~0.1171%)。肥料均于播前一次施入。

土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮和速效磷的测定均采用常规分析。土壤无机磷组分测定采用张守敬—杰克逊法测定。

二、结果与讨论

(一)肥料的产量效应

1. 增产效果。1984~1992年平均产量(见表1)表明:8年试验,单施有机肥比无肥区对照平均增产49.4%,单施氮肥比对照增产32.9%,单施磷肥仅比对照增产3.0%,NP配施比对照增产

表1 不同处理的小麦产量及增产效果

处理	平均产量 (kg/亩)	变幅 (kg/亩)	变异系数 C.V. %	标准差 S	增产量 (kg/亩)	增产率 (%)
CK	111.1	47.4~194.2	44.03	48.92	0	0
M	166.0	85.4~247.2	37.97	63.03	54.9	49.4
N	147.6	24.1~268.6	51.85	76.53	36.5	32.9
P	114.4	50.7~185.8	39.75	45.47	3.3	3.0
NP	217.3	95.8~368.3	35.47	77.13	106.2	95.6
NPM	268.4	102.1~430.9	37.32	100.16	157.2	141.6

95.6%,NPM配施比对照增产141.6%。

经F值检验($F=16.24$, $F_{0.01}=3.70$),处理间的差异达极显著水平。进一步对各处理产量进行多重比较(表2)。结果表明:(1)NPM、NP、M处理比对照增产,产量差异显著或极显著。(2)NPM、NP、M施用比单施磷肥好,产量差异达显著或极显著水平。(3)NPM、NP配施效果比单施氮肥好,产量差异极显著。(4)NPM、NP配施也比施有机肥好,产量差异达显著或极显著。(5)NPM配施比NP配施效果好,产量差异显著。5种施肥处理

表2 不同施肥处理的小麦产量比较

处理	平均产量 \bar{x} (kg/亩)	$\bar{x}-111.1$	$\bar{x}-114.4$	$\bar{x}-147.6$	$\bar{x}-166.0$	$\bar{x}-217.3$
NPM	268.4	157.3**	154.0**	120.8**	102.4**	51.1*
NP	217.3	106.2**	102.9**	69.7**	51.3*	
M	166.0	54.9*	51.6*	18.4		
N	147.6	36.5	33.2			
P	114.4	3.3				
CK	111.1					

注:5%L.S.D=43.92kg/亩; 1%L.S.D=58.85kg/亩。

以NPM配施效果最好。N、P单施几乎不增产。

如果把试验年限里,某一处理表现增产的年数与试验年数之比的百分数作为其增产概率,那么

M、N、P、NP 和 NPM 处理的增产概率分别为 100%、75%、50%、100%和 100%。可以看出，M、NP、NPM 长期施用，可以持续稳定增产。

2. 肥料对小麦产量结构的影响。(见表 3)

表 3 各施肥处理的产量结构

处理	基本苗 ($\times 10^4$ /亩)	总茎数 ($\times 10^4$ /亩)	分 蘖 (个)	亩穗数 ($\times 10^4$ /亩)	穗粒数 (个)	千粒重 (g)
CK	13.3	54.5	4.1	16.7	21.2	47.0
M	13.5	79.7	5.9	24.1	23.9	48.0
N	13.6	54.4	4.0	18.2	24.0	47.7
P	13.8	62.1	4.5	19.4	23.3	45.0
NP	13.7	75.4	5.5	26.4	24.0	46.5
NPM	13.7	101.4	7.4	29.8	24.4	47.7

从表 3 各处理产量结构上看，单施有机肥(M)和氮磷有机肥配施(NPM)稳定增产的原因是能够稳定地较大幅度地增加冬小麦的单株分蘖、亩穗数、穗粒数和千粒重等产量构成因子。而 NP

配施增产则主要是增加单株分蘖、亩穗数和穗粒数。N、P 单独施用产量不稳定，是因为它们只增加亩穗数和穗粒数，对千粒重影响不大或有不良影响。

3. 肥料间的交互作用。

(1) 氮肥与磷肥的交互作用。由表 1 资料计算， $N \times P$ 的连应值 = $NP - N - P = (217.3 - 111.1) - (147.6 - 111.1) - (114.4 - 111.1) = 66.4$ (kg/亩)， $\frac{NP}{N+P}$ 之比为 2.67。说明氮磷交互作用明显，为正连应。

(2) 氮肥、磷肥与有机肥的交互作用。 $N \times P \times M$ 的连应值 = $NPM - N - P - M = (268.4 - 111.1) - (147.6 - 111.1) - (114.4 - 111.1) - (166.0 - 111.1) = 62.6$ (kg/亩)。 $\frac{NPM}{N+P+M}$ 之比为 1.66。说明氮磷有机肥交互作用为正连应。

(3) 有机肥与无机肥的交互作用。 $M \times NP$ 的连应值 = $NPM - NP - M = (268.4 - 111.1) - (217.3 - 111.1) - (166.0 - 111.1) = -3.8$ (kg/亩)， $\frac{NPM}{M+NP} = 0.98 \approx 1$ ，证明有机肥无机肥的配施没有交互作用。

由上述结果表明：(1) NP 配施比 N、P 单施效果好；(2) NPM 配施比 N、P、M 分别施用效果好，(3) NPM 配施与有机肥(M)、无机肥(NP)分别施用效果差不多。

(二) 定位施肥对土壤养分的影响

土壤养分是作物赖以生存的营养基础。没有良好的土壤养分，作物就很难旺盛生长，也就不可能获得高产。因此，在农业生产上一定要注意维持土壤养分平衡。

表 4 施肥对土壤养分的影响

处理	有机质		全 氮		碱 解 氮		速 效 磷	
	(g/kg)	CK (\pm)	(g/kg)	CK (\pm)	(mg/kg)	CK (\pm)	(mg/kg)	CK (\pm)
CK	10.8	0	0.742	0	47.6	0	3.2	0
M	19.0	8.2	1.078	0.336	80.9	33.3	58.6	55.4
N	11.9	1.1	0.876	0.134	61.9	14.3	4.9	1.7
P	10.3	-0.5	0.739	-0.003	57.1	9.5	14.8	11.6
NP	11.4	0.6	0.878	0.136	66.6	19.0	14.7	11.5
NPM	15.4	4.6	1.075	0.333	80.9	33.3	47.7	44.5

1. 对土壤有机质的影响。表 4 资料表明：N、P 和 NP 长期定位施用对土壤有机质含量影响不大。三种肥料处理，连续施用 8 年后，土壤有机质比对照(对照与土壤基础有机质含量相同)增减 0.5~1.1g/kg。这主要是由于每年小麦根系的残留，维持土壤有机质的基本平衡。但 M 和 NPM

处理，土壤有机质则有提高，分别比对照及 8 年试验前土壤有机质增加 8.2g/kg 和 4.6g/kg。这主

要是由于有机肥的长期投入,增加了土壤有机物质,有机质的积累速度大于其分解速度。进而提高了土壤有机质含量。

2. 对土壤全氮的影响。与 8 年试验前土壤全氮含量(0.62g/kg)相比,各处理的土壤全氮含量(表 4)均有增加,这可能与小麦根系残留有关,但增加量的多少,则主要是施肥不同造成的差异。从表 4 看,除单施磷(P)处理外,M、N、NP 和 NPM 处理土壤全氮含量分别比对照增加 0.336、0.134、0.136 和 0.333g/kg,这都是因为这些处理每年有氮素不平衡供给的缘故。因氮素投入的多少,土壤全氮增加有多有少。P 处理对土壤全氮影响不大。

3. 对土壤有效氮的影响。土壤基础碱解氮含量为 37mg/kg,试验 8 年后,6 种肥料处理的碱解氮含量都有增加,增加 10.6~43.9mg/kg,这与全氮的增加可能是同一原因。增加量上的差异,同样是施肥所致。从表 4 看,有 5t/亩有机肥投入的处理 M 和 NPM,碱解氮增加最多,均比对照增加 33.3mg/kg。N 和 NP 处理碱解氮比对照增加 14.3 和 19.0mg/kg。P 处理只比对照增加 9.5mg/kg。施 P 增加的碱解氮,可能是土壤潜在氮源分解供作物吸收的瞬间形式是一种假象。

4. 对土壤速效磷的影响。分析结果(表 4)表明:CK 处理土壤速效磷与土壤基础含量(3.0mg/kg)基本一致。除施 N 对土壤速效磷影响不大外,其它处理都不同程度的增加了土壤速效磷含量,以 M、NPM 长期施用增加幅度最大,分别比对照增加 55.4mg/kg、44.5mg/kg。P、NP 处理分别比对照增加 11.6mg/kg、11.5mg/kg。这主要是磷素超量投入的缘故。

(三)施肥对土壤磷组分的影响

1. 施肥对土壤磷组分相对量的影响。

由表 5 表明:除 N 处理外,其它处理土壤有机磷的相对含量均比对照(CK)有所增加,增加 0.6%~1.8%;相对地,土壤无机磷的相对量均比对照(CK)降低 0.6%~1.8%。长期施 N,则有机

表 5 不同施肥处理土壤磷组分的相对含量

处理	全磷 (mg/kg)	占全磷%						
		有机磷	无机磷	NH ₄ Cl-P	Al-P	Fe-P	O-P	Ca-P
CK	575.0	21.5	78.5	0.8	4.7	0.2	12.1	60.8
M	682.7	22.6	77.4	3.1	5.8	0.2	15.9	52.3
N	526.6	17.6	82.4	0.6	4.7	0.3	16.9	59.9
P	596.7	22.1	77.9	1.3	6.4	0.5	13.6	56.1
NP	599.0	23.3	76.7	0.7	5.5	0.3	13.6	56.6
NPM	699.0	23.2	76.8	2.6	7.3	0.3	15.4	52.2

注:无机磷组分之和与测得无机磷含量有点差异,故无机磷组分相对含量用(组分/组分之和×无机磷占全部%)计算。

表 6 施肥对土壤无机磷组分含量的影响

处理	NH ₄ Cl-P		Al-P		Fe-P		O-P		Ca-P	
	mg/kg	CK (±)	mg/kg	CK (±)	mg/kg	CK (±)	mg/kg	CK (±)	mg/kg	CK (±)
CK	4.9	0	29.6	0	1.03	0	76.7	0	384.9	0
M	24.5	19.6	45.6	16.0	1.89	0.86	124.9	48.2	411.1	26.2
N	3.9	-1.0	28.9	-0.9	1.98	0.95	103.3	26.6	366.0	-18.9
P	9.1	4.2	45.5	15.9	3.69	2.66	96.7	20.0	398.7	13.8
NP	5.3	0.4	39.0	9.4	2.15	1.12	96.6	19.9	402.4	17.5
NPM	21.3	16.4	58.7	29.1	2.32	1.29	123.3	46.6	411.1	26.2

磷,无机磷分别比 CK 降低。

施肥对土壤无机磷组分相对含量有一定影响。对 NH₄Cl-P、Al-P、O-P、Ca-P 影响较大,对 Fe-P 影响不大。施 M、P、NPM 后,NH₄Cl-P、Al-P、O-P 的相对含量都有增加,但 Ca-P 则有降低。施 N 对 NH₄Cl-P、Al-P、Ca-P 相对量几乎没有影响。

2. 施肥对土壤无机磷组分绝对量的影响。

由表 6 表明:施肥对土壤无机磷组分影响较大,不同施肥处理无机磷组分也存在显著差异,除长期施 N 降低 NH₄Cl-P、Al-P、Ca-P 含量外,其它处理都不同程度的增加了 NH₄Cl-P、Al-P、Fe-P、

O-P、Ca-P 的含量。对 $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ 、 Al-P 、 O-P 、 Ca-P 的影响；以 M、NPM 提高幅度最大，其次为 P、NP 处理。

$\text{NH}_4\text{Cl-P}$ 、 Al-P 、 Ca-P 中 $\text{Ca}_1\text{-P}$ 、 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 是植物的有效磷源^[6]。在单施 N 的情况下，降低 $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ 、 Al-P 、 Ca-P 的含量是必然的趋势。M、P、NP、NPM 施用，增加土壤各种无机磷组分，也是显而易见的，因为只要有 P 素长期投入，就会形成各种无机磷产物。但 N 施用增加 O-P、Fe-P 的含量还有待探讨。

M、P、NP、NPM 长期施用，增加 $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ 、 Al-P 、 Ca-P 含量，无疑对提高土壤磷的有效性，有重要作用。

三、结 论

1. 长期施用 M、NP 和 NPM，可以稳定增产。以 NPM 组分增产效果最大，其次为 NP 配施。N、P 单施的增产概率分别只有 75% 和 50%。

2. M、NP、NPM 长期施用，增加土壤有机质（除 NP 处理），全氮、碱解氮、速效磷和无机磷组分含量，提高土壤肥力。

3. N、P 长期单施，只增加土壤相应的营养元素含量，对有机质影响不大。

4. 为了实现高产，又不破坏土壤肥力，还能培肥土壤，以 NPM 配施最好。在有机肥源不足时，也应做到 NP 配施。

参 考 文 献

- (1) 刘更另。营养元素循环和农业的持续发展。《土壤学报》，1992 年，第 3 期
- (2) 曾示祥等。从长期定位试验看有机—无机肥料配合施用的优越性。《土壤肥料》，1992 年，第 1 期
- (3) 陈福兴等。长期施用有机肥对土壤养分平衡及增产作用。《土壤肥料》，1990 年，第 5 期
- (4) 艾卫等。棉花定位施肥肥效及对土壤养分的影响。《土壤肥料》，1992 年，第 2 期
- (5) 高宗等。长期施肥对关中壤土肥力和作物产量的影响。《西北农业学报》，1992 年，第 3 期
- (6) 李鼎新。陕西土壤磷素状况和磷肥有效施用的研究。《中国科学院西北水土保持研究所集刊》。1985 年，第 2 期