

施肥对黄土高原旱地冬小麦产量及土壤肥力的影响

刘 一

(甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 肥料定位试验结果表明: 各种肥料单施或配施对小麦产量影响顺序为 MNP> NP> MN> N> M> MP> P> CK,不同肥料间具有明显的正交互效应。化肥配施可显著提高旱地小麦的水分生产效率和肥料利用率, 有机肥与氮磷肥配合施用效果最佳, 可使小麦耗水系数降低 51. 0%, 水分利用效率提高 165. 6%, 氮肥、磷肥利用率分别提高 8. 3、6. 0 个百分点, 土壤有机质、全氮、碱解氮、速效磷和速效钾含量分别提高 1. 9 g/kg、0. 05 g/kg、21. 3 mg/kg、16. 8 mg/kg 和 34. 0 mg/kg。

关键词: 施肥; 旱地; 冬小麦产量; 土壤肥力

中图分类号: S 512. 11; S 147. 3 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2003) 01-0040-03

Influences of Fertilization on the Yield of Winter Wheat and Soil Fertility in Dryland of Loess Plateau

LIU Yi

(Dryland Farming Institute of Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: Based on the data of fixed position fertilizer test, the results showed that fertilizer application separately or complication application have effects on the wheat yield, the effecting order is: MNP> NP> MN> N> M> MP> P> CK, and there is a clear positive interaction. Fertilizer complication application can increase the water use efficiency and fertilizer utilization, the complication application of organic fertilizer and N, P is the best, which can reduce water consumption coefficient by 51. 0%, and increase WUE 165. 6%, increase the utilization of N, P 8. 3% and 6. 0%, the content of soil organic matter, total N, available N, available P, and available K 1. 99 g/kg, 0. 05 g/kg, 21. 3 mg/kg, 16. 8 mg/kg and 34. 0 mg/kg respectively.

Key words: fertilizer application; dryland; winter wheat yield; soil fertility

1 试验概况及设计

试验于 1993~ 1996 年设在陇东黄土高原镇原上肖乡, 海拔 1 297 m, 年均气温 8. 3℃, 年均降水量 500 mm 左右, 年均蒸发量 1 638. 3 mm, 无霜期 160 d 左右。

试验前 0~ 20 cm 土壤养分平均含量: 有机质 10. 97 g/kg、全氮 0. 89 g/kg、碱解氮 62 mg/kg、速效磷 84 mg/kg、速效钾 247. 5 mg/kg。共设 8 个处理: 对照(CK)、磷肥(P)、氮肥(N)、磷肥+ 氮肥(NP)、有机肥(M)、有机肥+ 磷肥(MP)、有机肥+ 氮肥(MN)、有机肥+ 磷肥+ 氮肥(MPN), 布置 2 个试验点、每点重复 2 次。施肥量: 普通有机肥 60 000 kg/hm²、N 120 kg/hm²(施尿素), P₂O₅ 90 kg/hm²(普通过磷酸钙)。施肥方法: 有机肥和磷肥每年播种前分区基施, 氮肥 70% 作底肥、30% 作追肥(返青期)。小区面积(4 m×6. 67 m) 26. 6 m², 供试冬小麦品种为陇鉴 46, 播种方法均采用人工手锄开沟溜种。管理同大田。

2 结果分析

2. 1 不同处理与历年冬小麦产量的关系

试验研究结果(表 1) 表明, 不同肥料处理的增产效果不一样, 增产率顺序为 MNP> NP> MN> N> M> MP> P> CK, 比对照分别增产 167. 6%、156. 0%、101. 8%、59. 0%、44. 0%、35. 4% 和 5. 8%。其中 MNP 处理产量最高, 为 3 449. 3 kg/hm², 比对照增产 2 160. 4 kg/hm², 单施磷处理产量最低, 仅 1 363. 7 kg/hm², 比对照增产 74. 3 kg/hm²。从 1 kg 养分的增产效益来看, NP 配施增产 9. 58 kg, 比单施 N、P 分别提高 3. 24 kg 和 8. 75 kg; 在施有机肥基础上, 配施磷肥、氮肥和氮磷肥时, 1 kg 养分增产效果均比单施磷肥、氮肥和氮磷肥的高, 表明在本试验土壤条件下, 化肥单施不如配施, 尤其是磷肥不宜长期单施。化肥与有机肥配合, 产量可进一步提高, MNP 处理比 NP 处理增产 149. 4 kg/hm², 增产率 4. 5%, MN 处理比单施 N 处理增产 552. 2 kg/hm², 增产

* 收稿日期: 2002-11-25
基金项目: 国家科技攻关项目(2001BA508B18)。
作者简介: 刘 一(1972-), 男, 甘肃西峰人, 助理研究员, 主要从事旱地土壤水肥研究工作。

率为 26.9%,MP 处理比单施 P 处理增产 382.1 kg/m²,增产率 28.0%。说明有机无机肥料配合施用,不但能比较全面提供作物生长所需养分,获得高产、稳产,而且还能改善土壤理化性状,保持和提高土壤肥力。

2.2 肥料交互效应

根据陈伦寿等人主编《农田施肥原理与实践》一书中介

表 1 不同处理对冬小麦产量的影响

年份	CK	P		N		NP		M		MP		MN		MNP	
	kg·hm ⁻²	产量/	增产/	产量/	增产/	产量/	增产/	产量/	增产/	产量/	增产/	产量/	增产/	产量/	增产/
		kg·hm ⁻²	(%)	kg·hm ⁻²	(%)	kg·hm ⁻²	(%)	kg·hm ⁻²	(%)	kg·hm ⁻²	(%)	kg·hm ⁻²	(%)	kg·hm ⁻²	(%)
1993	1320.0	1406.0	6.5	2972.5	125.2	5762.5	336.6	1875.0	42.0	2025.0	53.4	3689.0	179.5	5977.5	352.8
1994	1302.5	1354.0	4.0	2484.0	90.7	4061.5	211.8	1925.0	47.8	1642.5	26.1	3454.0	165.2	4208.6	223.1
1995	1462.5	1585.0	8.4	1604.3	9.7	1987.5	35.9	2187.0	49.5	2072.5	41.7	1750.0	19.7	2006.0	37.2
1996	1072.5	1109.6	3.5	1140.0	6.3	1390.0	29.6	1438.5	34.1	1243.0	15.9	1516.5	41.4	1607.2	49.9
平均	1289.4	1363.7	5.8	2050.2	59.0	3300.4	156.0	1856.4	44.0	1745.8	35.4	2602.4	101.8	3449.8	167.6

④氮肥与有机肥的交互作用: N×M 连应值= NM - N - M= 3906.6- 1289.4) - (2050.2- 1289.4) - (1856.4- 1289.4)= 1289.4 kg/hm²,NM/N+ M 之比为 1.97。

④磷肥与有机肥的交互作用: P×M 的连应值= PM - P - M= 3220.1- 1289.4) - (1363.7- 1289.4) - (1856.4- 1289.4)= 1289.4 kg/hm²,PM/P+ M 之比为 3.01。

¼ 氮肥、磷肥与有机肥的交互作用: N×P×M 的连应值= NPM - N - P - M= (3449.8- 1289.4) - (2050.2- 1289.4) - (1363.7- 1289.4) - (1856.4- 1289.4) - (1856.4- 1289.4)= 758.3 kg/hm²,NPM/N+ P+ M 之比为 1.54。

结果表明,在 N、P 俱缺的旱塬土壤上,一般施肥效果较为明显,肥料间的交互作用也较强,且均为正值。

2.3 不同处理对冬小麦水分利用效率的影响

如何提高旱地作物的水分利用率是旱地农业研究的中心问题之一。水和肥都是作物生长发育必不可少的条件,水

绍的方法,对各种肥料施肥时的交互作用进行计算,其结果为:

¹ 氮肥与磷肥的交互作用: N×P 的连应值= NP- N - P = (3300.4- 1289.4) - (2050.2- 1289.4) - (1363.7- 1289.4) = 1175.9 kg/hm²,NP/N+ P 之比为 2.41。

是土壤中各种养分运转和作物吸收养分的介质,肥可促进作物对水分的充分利用。因此,旱地施肥在提高作物产量的同时,也会提高对水分的利用率,起到以肥调水的作用。但不同施肥处理的增产效果不同,它们对水分利用率的影响也不同。

从表 2 看出,有机肥与氮磷肥配合施用的处理(MNP)使耗水系数降低 51.0%,水分利用率提高 165.6%,效果最好;无机氮磷化肥配合施用的处理(NP)耗水系数降低 49.7%,水分利用率提高 158.4%,效果次之;其余处理的顺序为 MN> MP> M> N> P,依次降低耗水系数 37.6%、26.7%、19.2%、16.1%和 2.1%,提高水分利用率 80.9%、33.7%、27.1%、23.6%和 9.7%。反映出 MNP 配施效果优于 MN 和 MP;NP 配施效果优于单施 N 和单施 P。从旱塬地区土壤施肥培肥、提高降水利用率乃至提高作物产量考虑,有机无机肥配合施用是一项行之有效的措施。

表 2 不同处理对冬小麦水分利用率的影响

处 理	平均产量/(kg·hm ⁻²)	平均耗水量/mm	水分利用率/(kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²)				平均	水分利用率增加/%
			1993 年	1994 年	1995 年	1996 年		
CK	1289.4	324.4	2.85	3.18	5.4	3.29	3.68	—
P	1363.7	314.1	3.17	3.71	5.4	3.87	4.04	9.7
N	2050.2	333.6	3.99	4.62	6.0	3.59	4.55	23.6
NP	3300.4	347.9	9.69	10.05	9.6	8.70	9.51	158.4
M	1856.4	328.8	3.98	3.60	6.9	4.23	4.68	27.1
MP	1745.8	330.0	4.58	3.65	7.1	4.53	4.92	33.7
MN	2602.4	324.4	6.57	6.15	7.7	6.21	6.66	80.9
MNP	3449.8	348.8	9.95	9.93	10.1	9.11	9.77	165.6

2.4 不同处理对肥料利用率的影响

如何提高旱塬地区的肥料利用率也是本项试验的重要内容之一。从表 3 看出,在不施有机肥的条件下,单施氮肥和磷肥其利用率为 41.3%、7.0%;氮磷配合施用,氮、磷利用率分别为 46.5%和 27.4%,后者比前者分别提高 5.2 个百分点和 20.4 个百分点;在施有机肥的基础上,增施氮肥,氮肥利用率为 42.1%,增施磷肥,磷肥利用率为 12.7%,增施氮肥时,其氮磷肥的利用率分别为 54.8%和 33.4%,后者比前者分别高 12.7 个百分点和 20.7 个百分点,而 MNP 配

表 3 不同处理的肥料利用率

处理	氮 肥		磷 肥	
	吸 N 量/(kg·hm ⁻²)	利用率/%	吸 P 量/(kg·hm ⁻²)	利用率/%
CK	33.5	—	15.5	—
P	28.2	—	21.8	7.0
N	83.1	41.3	21.3	—
NP	89.3	46.5	40.2	27.4
M	36.3	—	18.9	—
MP	38.9	—	26.9	12.7
MN	84.0	42.1	29.3	—
MNP	99.3	54.8	45.6	33.4

合施用的处理,N、P 肥的利用率又比 NP 配合施用时的利用

率分别高 8.3 个百分点和 6.0 个百分点, 进一步说明氮磷肥配合施用或有机无机肥结合施用对提高肥料利用率具有重要作用。

2.5 不同处理对耕层土壤养分含量的影响

2.5.1 土壤有机质含量 土壤有机质含量变化直接反映出土壤肥力的高低。表 4 结果表明: 连续施肥 4 a 后, 无肥区或单施某种化肥处理, 有机质变化不明显, 单施磷或氮比无肥区有机质增加 0.5 g/kg 和 0.7 g/kg, 增长率为 4.6% 和 6.5%。试验前后相比较, 无肥区略有减少, 磷或氮处理略有

提高, 前者减少 0.2 g/kg, 后者提高 0.3~0.4 g/kg。氮磷配施, 有机质比试验前增加 0.6 g/kg, 增长率为 5.4%, 化肥与有机肥配合施用, 土壤有机质明显高于试验前和化肥处理, 比试验前提高 1.0~1.9 g/kg, 比化肥处理提高 0.5~1.0 g/kg。说明有机与无机肥配合施用, 作物产量提高而残留于土壤中的有机物较多, 进而提高了土壤有机质含量。因此, 在干旱、瘠薄的陇东旱塬土壤上, 长期施用有机肥的培肥作用不可忽视。

表 4 不同处理耕层土壤(0~20 cm)有机质及养分含量

处 理	有机质/(g·kg ⁻¹)		全氮/(g·kg ⁻¹)		碱解氮/(mg·kg ⁻¹)		速效磷/(mg·kg ⁻¹)		速效钾/(mg·kg ⁻¹)	
	试验前	试验后	试验前	试验后	试验前	试验后	试验前	试验后	试验前	试验后
CK	11.0	10.8	0.89	0.83	66.0	53.9	9.2	7.6	242	180
P	11.2	11.5	0.90	0.87	60.4	49.7	7.7	32.5	255	200
N	10.9	11.3	0.87	0.89	63.5	91.0	8.8	5.0	245	190
NP	11.2	11.8	0.90	0.96	57.6	83.0	9.1	22.5	258	190
M	10.8	12.1	0.86	0.90	63.7	52.5	7.8	6.6	247	255
MP	10.8	11.8	0.90	0.96	63.0	63.7	8.0	47.0	245	275
MN	10.8	12.4	0.84	0.92	63.0	84.0	8.0	6.6	245	260
MNP	10.9	12.8	0.92	0.97	58.5	79.8	8.6	25.4	243	277

2.5.2 土壤全氮、碱解氮含量 土壤含氮量的变化趋势基本上与有机质相同。对照和单施磷处理土壤氮有明显消耗, 和试验前比较, 种植 4 a 小麦的土壤全氮含量分别减少了 0.06 g/kg 和 0.03 g/kg, 碱解氮含量分别减少了 12.1 mg/kg 和 10.7 mg/kg。凡有氮素投入的处理, 土壤氮含量均明显增加, 无机氮肥单施或与磷肥配施, 土壤全氮含量分别增加了 0.02 mg/kg 和 0.06 mg/kg; 碱解氮含量分别增加了 27.5 mg/kg 和 25.4 mg/kg, 有机肥与无机氮肥或无机氮磷肥配施时, 全氮、碱解氮含量分别增加了 0.08 mg/kg、0.05 mg/kg 和 21.0 mg/kg、21.3 mg/kg。由此表明, 施用无机氮肥或有机无机肥相结合对提高土壤氮素均有一定作用, 尤其对提高土壤碱解氮含量具有明显作用。

2.5.3 土壤速效磷、速效钾含量 表 4 结果看出, 不管施用有机肥与否, 凡施用无机磷肥者, 速效磷含量都有大幅度提高。如 P、NP、MP、MNP 四处理试验前土壤速效磷含量分别为 7.7、9.1、8.0 和 8.6 mg/kg, 试验后分别达到 32.5、22.5、47.0 和 25.4 mg/kg, 依次提高了 322.1%、147.3%、487.5% 和 195.3%。而不施磷肥者土壤磷消耗较多。如 CK、N、M 和 MN4 处理速效磷含量则分别较试验前减少了 17.4%、43.2%、15.4% 和 17.5%。

连续施用有机肥对提高土壤速效钾含量有较大作用, 不施有机肥的 4 个处理(CK、N、P、NP), 土壤速效钾含量分别降到了 180、190、200 和 190 mg/kg, 比试验前降低了 25.6%~26.4%。而施用有机肥的 4 个处理(M、MN、MP、MNP) 则提高到了 255、260、275 和 277 mg/kg, 比试验前提高了 3.2%~14.0%。前者平均 190 mg/kg, 后者平均 266.8 mg/kg

kg, 比前者高 40.4%。施用有机肥提高了土壤速效钾含量, 主要与当地土粪中含钾量较高(1 241 mg/kg) 有关。

3 小 结

(1) 连续 4 a 单施磷肥小麦增产 5.8%, 单施氮肥增产 59.0%, 二者配合施用增产 156.0%; 单施有机肥增产 44.0%, 施有机肥基础上施用磷肥、氮肥或氮磷肥时, 其增产效果均明显高于无机肥料单施或配合施, 且 N×P、N×M、P×M、N×P×M 交互作用十分明显。证明化肥配施或化肥与有机肥配施是提高旱地冬小麦产量的重要农艺措施。

(2) 不同施肥处理均有降低水分消耗系数和提高水分利用率的作用。尤以 MNP 和 NP 两处理最佳, 分别比 CK 降低耗水系数 51.0% 和 49.7%, 提高水分利用率 165.6% 和 158.4%, 其余处理的顺序为 MN>MP>M>N>P。

(3) 氮磷配施肥料利用率比氮、磷单施提高 5.2 个百分点和 20.4 个百分点; 有机肥与氮磷肥配施时, 其氮、磷肥料利用率又比氮磷配施分别提高 8.3 个百分点和 6.0 个百分点。说明增施有机肥对进一步提高无机化肥利用率具有一定作用。

(4) 无论施用化肥或是化肥与有机肥配合施用均能增加土壤有机质含量, 化肥与有机肥配合施用增加的幅度较大。对土壤氮素和磷素含量来说, 单施磷肥易引起土壤氮素的亏缺, 单施氮肥亦易引起土壤磷素的亏缺, 只有氮磷配合或有机肥与氮磷肥配合施用才是陇东旱塬地培肥土壤的主要途径。

[1] 张兴高, 崔明九, 武天云, 等. 旱塬土壤施肥培肥技术研究[A]. 王吉庆. 陇东高原半湿润偏旱农业综合发展研究[C]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1995. 148- 155.

[2] 王生录, 武天云. 有机肥与无机肥结合施用对旱塬冬小麦产量及土壤肥力的影响[A]. 中国青年农业科学学术年报[R]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 461- 466.