维普资讯 http://www.cqvip.com

74—77

第26卷 第1期
1998年2月

西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalis

Vol. 26 No. 1
Feb. 1998

(17)

冬小麦产量的土壤养分限制因子与施肥研究

谷 洁 高 华 方日尧 吕殿青
(陕西省土壤肥料研究所,陕西杨凌 712100)

S512.106
S158.3

摘 要 1992～1996年在陕西渭北旱塬合阳县甘井乡进行了冬小麦产量的土壤养分限制因子与高产高效施肥指标试验。结果表明,在渭北旱塬,氮、磷是冬小麦产量的限制因子,钾、铁、锰、镁、硼为非限制因子。限制因子对冬小麦产量的效应 P_2O_5>N,效益最佳平台区施肥量歉水年N 90.03～104.17 kg/hm²,P_2O_5 83.74～91.29 kg/hm²;平水年N 97.30～132.31 kg/hm²,P_2O_5 89.65～106.88 kg/hm².

关键词 冬小麦,土壤养分,施肥指标,渭北旱塬 施肥
中图分类号 S153.3, S147.23

有关旱塬冬小麦施肥问题已有大量研究,但以往的研究大多没有和土壤养分限制因子结合起来[1~3]。冬小麦产量与土壤养分状况密切相关,作物产量与土壤养分关系遵循德国化学家Liebig J V提出的最小养分律原理,即如果土壤中作物某一必需养分不足,即使继续增加其他养分,作物产量也难以提高[4]。这一不足的养分即作物产量的土壤养分限制因子。Tisdale S L和Nelson W L的研究认为作物的养分需要量和作物赖以生长的土壤养分供应能力,是选择适宜的养分用量的主要因素。当土壤的供应不能满足作物生长正常发育所必需的一些元素时,应按需要施用肥料[5]。本研究试图通过试验确定冬小麦产量的土壤养分限制因子,并针对限制因子提出优化施肥指标,以期使冬小麦产量达到高产高效,减少盲目施肥带来的环境污染。

1 材料与方法

试验于1992～1996年在合阳县甘井乡陕西省农科院综合试验站进行,年平均温度10.5℃,年均降水量571.9 mm,降水主要集中在7、8、9三个月,属半湿润偏旱区。供试土壤为塿土,质地中壤,0～20 cm土层土壤容重1.30 g/cm³,田间持水量216 g/kg,萎蔫点土壤含水量78 g/kg,0～20 cm土壤有机质9.1～10.2 g/kg,全N 0.765～0.843 g/kg,碱解N 58.45～76.91 mg/kg,全P 1.35～2.03 g/kg,速效P 9.6～13.2 mg/kg,全K 15.6～18.3 g/kg,速效K 103～142 mg/kg.

试验方案1见表1,在1993年获得试验1结果后,设计试验方案2,见表2.

冬小麦供试品种为陕229,小区面积5 m×6 m,重复4次,供试肥料氮、磷、钾、铁、锌、锰、镁、硼分别为尿素、过磷酸钙、硫酸钾、氯化亚铁、硫酸锌、硫酸锰、硫酸镁和硼砂,试验1中肥料用量N、P_2O_5、K_2O均为112.5 kg/hm²,氯化亚铁、硫酸锌、硫酸锰、硫酸镁均为

收稿日期 1997-06-02
课题来源 陕西省自然科学基金和国家"八五"旱地攻关项目
作者简介 谷 洁,男,1963年生,助研,学士

维普资讯 http://www.cqvip.com

22.5 kg/hm²,硼砂15 kg/hm². 试验2中肥料用量见表2. 所有肥料均于播前一次施入,收获分区计产。1993～1996年冬小麦生育期降水量分别为167.4,189.9,155.9,241.2 mm.

表1　缺素处理与试验结果

处理号	施肥种类	产量 (kg/hm²)	相对产量 (%)
1	N P K Fe Zn Mn Mg B(CK)	3952.5	100.0
2	P K Fe Zn Mn Mg B	3231.1**	81.7
3	N K Fe Zn Mn Mg B	2982.3**	75.5
4	N P Fe Zn Mn Mg B	3703.7	93.7
5	N P K Zn Mn Mg B	3909.2	98.9
6	N P K Fe Mn Mg B	4009.7	101.4
7	N P K Fe Zn Mg B	4168.5	105.5
8	N P K Fe Zn Mn B	3902.7	98.7
9	N P K Fe Zn Mn Mg	3988.5	100.9

注:元素符号表示施肥种类,不表示有效养分形式。

$F_{0.05}=2.36$, $F_{0.01}=3.36$, $F=2.57^*$, $t_{0.05}=2.06$, $t_{0.01}=2.80$, $LSD_{0.05}=394.7$, $LSD_{0.01}=536.5$.

表2　登高设计处理与产量结果

处理号	因子编码值		实际用量(kg/hm²)		产量(kg/hm²)		
	x_1(N)	x_2(P_2O_5)	x_1(N)	x_2(P_2O_5)	1994年	1995年	1996年
1	−2	−2	0	0	2736.5	1720.3	2903.7
2	−0.6667	−2	75	0	2883.2	2151.0	3145.9
3	−2	−0.6667	0	60	2885.6	2221.7	3267.5
4	−0.6667	−0.6667	75	60	3465.0	2751.2	3648.9
5	0.6667	−0.6667	150	60	3606.2	2821.5	3701.4
6	−0.6667	0.6667	75	120	3613.5	3001.6	3840.0
7	0.6667	0.6667	150	120	3645.4	3061.5	3967.9
8	2	0.6667	225	120	3579.3	2841.4	3735.4
9	0.6667	2	150	180	3465.4	2802.0	3717.6
10	2	2	225	180	3163.0	2581.5	3609.1

2　结果与分析

2.1　土壤养分限制因子分析

对缺素处理试验产量结果(表1)进行方差分析,处理间差异显著($F=2.57^*$, $F_{0.05}=2.36$)。进行多重比较,多重比较结果表明,缺氮处理与对照全素处理差异极显著,缺磷处理与对照全素处理差异极显著,其余处理差异不显著,说明在供试的田块,氮、磷是限制产量的土壤养分因子,钾,铁,锌,锰,镁,硼为非限制因子。

2.2　施肥回归模型的建立

将登高设计试验2的因子取值与产量结果(表2)输入IBM-PC/XT微机,并用2·10登高设计分析程序进行回归模拟,获得冬小麦产量Y与产量限制因子x_1(N)、x_2(P_2O_5)之间的回归模型:

$$Y_{1994}=2658.211+7.2221x_1+9.9059x_2-0.03242x_1^2-0.05874x_2^2+0.01866x_1x_2 \quad (1)$$

$F=6.505$　$R=0.9987$　$t_1=2.984$　$t_2=3.274$　$t_3=1.397$　$t_4=1.620$　$t_5=0.391$

维普资讯 http://www.cqvip.com

$$Y_{1995}=1690.621+9.7146x_1+12.1626x_2-0.03798x_1^2-0.05716x_2^2+0.00762x_1x_2 \quad (2)$$

$F=61.569$ $R=0.9985$ $t_1=9.09$ $t_2=9.187$ $t_3=3.747$ $t_4=3.609$ $t_5=0.355$

$$Y_{1996}=2835.3192+8.271x_1+9.4436x_2-0.03074x_1^2-0.04143x_2^2+0.01873x_1x_2 \quad (3)$$

$F=13.602$ $R=0.9997$ $t_1=2.634$ $t_2=6.949$ $t_3=1.054$ $t_4=1.607$ $t_5=0.216$

对模型进行 F 检验($F_{0.05}=6.26$,$F_{0.01}=15.52$),模型的回归关系达到显著水平,进行 t 检验($t_{0.05}=2.57$,$t_{0.01}=4.03$),回归系数 b_1,b_2 达到显著水平。说明模型能反映产量与因子关系;氮、磷对冬小麦产量影响显著。回归模型可作为施肥的依据。

据对多年降水量分析,冬小麦生育期降水量1994年189.9 mm为平水年,1995年155.9 mm为歉水年,1996年241.2 mm为平水年,故1994和1996年冬小麦产量效应方程较为相近。

2.3 氮磷肥的一级效应

计算机在建立产量与限制因子的回归方程时,已将诸因子相应的无量纲线性编码代换,所求得回归系数已标准化,方程中的回归系数的绝对值直接反映各变量对产量的影响程度[6],从方程(1~3)的一次项 t 检验结果可以看出,方程(2)的一次项达到极显著水平,方程(1)、(3)的一次项达到显著水平,表示氮、磷对冬小麦产量影响显著,由一次项的回归系数和 t 值可以看出,氮、磷因子对冬小麦产量的影响顺序为 $P_2O_5(x_2)>N(x_1)$,说明在施肥量范围内,磷肥的增产效应大于氮肥。其原因是一方面长期重视氮肥的施用,忽视磷肥的施用,作物从土壤中吸收携走的土壤磷得不到及时补充,使土壤显示出缺磷迹象;另一方面,磷能促进作物根系生长,而根系的生长状况是决定旱地土壤水分和养分利用效率进而决定作物产量的重要因素[7,8]。

2.4 冬小麦高产高效施肥指标的确定

方程模型 $Y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_1^2+b_4x_2^2+b_5x_1x_2$ 各因子在不同水平下的边际产量 $\partial y/\partial x$ 可通过回归模型的一阶偏导求得,令边际产量 $\partial y/\partial x_1=0$,$\partial y/\partial x_2=0$,则求出冬小麦达到最高产量($Y_{max}$)时 x_1(N)、x_2(P_2O_5)施用量。令边际产量 $\partial y/\partial x_1=P_{x1}/P_y$,$\partial y/\partial x_2=P_{x2}/P_y$($P_{x1}$,$P_{x2}$,$P_y$ 分别为N、P_2O_5、小麦的价格),则求出最佳经济效益产量(Y_{opt})时 x_1(N)、x_2(P_2O_5)施用量(表3)。

据对二元肥料效应方程的研究[9],增产率和配肥率的关系为 $R=2W-W^2$,R 表示增产率,即增产量($Y-b_0$)占最高增产量 Y_{max} 的百分值;W 表示配肥率,即施肥量 x_1,x_2 占最高增产量 Y_{max} 时施肥量 x_{1m}、x_{2m} 的百分值。如果将 P_{x1}、P_{x2}、P_y 代入公式 $R=2W-W^2$,则该公式可表示增利率。据分析计算,当施肥量比最高增产量的施肥量减少10%($W=90\%$)时,则增产量减少1%($R=99\%$),当施肥量比最高增产量的施肥量减少20%($W=80\%$)时,则增产量减少4%($R=96\%$),说明在接近最佳经济效益施肥点,有一个很大的最佳施肥量平台,在最佳施肥平台范围内减少施肥量,对施肥经济效益影响不大。

根据上面的分析,以最佳产量施肥量至最高产量施肥量的90%的施肥范围为推荐施肥指标,由表3可计算出歉水年的施肥指标为N 90.03~104.17 kg/hm²,P_2O_5 83.74~91.29 kg/hm²,平水年N 97.30~132.31 kg/hm²,P_2O_5 89.65~106.88 kg/hm². 在预知大气降水量的情况下,可参考该施肥指标确定施肥量。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表3　氮磷的冬小麦产量效应　　kg/hm²

年份	生育期降水量划分	最高产量施肥量		最佳产量施肥量		最高产量	最佳产量
		N	P_2O_5	N	P_2O_5		
1994	平水年	142.13	106.88	97.30	89.65	3701.1	3632.8
1995	歉水年	115.74	101.43	90.03	83.74	3040.9	2932.5
1996	平水年	147.01	118.76	105.91	98.63	4251.2	4090.6

3　讨论与结论

在本试验条件下，供试田块氮、磷是冬小麦产量的土壤养分限制因子，钾、铁、锌、锰、镁、硼为非限制因子，N、P对冬小麦产量效应的顺序为P_2O_5>N.

养分限制因子对冬小麦产量的效应模型有一个经济效益最佳施肥量平台，在经济效益最佳施肥平台范围施肥，可节约化肥投资，使冬小麦达到高产高效，而且能降低过量施肥带来的环境污染，特别是N过量引起的地下水NO_3-N污染。

参考文献

1　赵立新，荆家海. 旱地冬小麦施肥效应研究. 干旱地区农业研究，1991，4(33)：46～51

2　顾汝健. 省东旱塬小麦施用氮磷技术研究. 陕西农业科学，1992(5)：1～4

3　杨文治，余存祖. 黄土高原治理与评价. 北京：科学出版社，1991：125～228

4　陈伦寿，李仁岗. 农田施肥原理与实践. 北京：农业出版社，1984：7～27

5　Tisdale S L，Nelson W L 著；孙秀廷译. 土壤肥力与肥料. 北京：科学出版社，1984：271～305

6　姚克明，张喜文，宋殿珍等. 旱地谷子高产栽培措施模型研究. 华北农业学报，1993，8(1)：94～100

7　吕殿青，张文孝，谷洁等. 渭北东部旱塬氮磷水三因素交互作用与耦合模型研究. 西北农业学报，1994，3(3)：27～32

8　信乃诠，张绍丽. 中国北方不同类型旱地农业综合增产技术. 北京：中国农业科技出版社，1993，134～157

9　赵定国. 二元肥料效应方程中的特殊关系及其应当注意的问题. 植物营养与肥料学报，1996，2(4)：362～366

Soil Nutrient as Yield Limitation Factors and Fertilizer Supply Index of Winter Wheat

Gu Jie　Gao Hua　Fang Riyao and Liu Dianqing

(Soil and Fertilizer Institute of Shaanxi Province, Yongling Shaanxi, 712100)

Abstract　From 1992 to 1996, the experiment of soil nutrient as yield limitation factors and the fertilizer supply index of high yield and great profit in winter wheat had been carried out in weibei dryland, Heyang, Shaanxi. The result showed that N and P were the yield limitation factors of winter wheat, K, Fe, Zn, Mn, Mg and B were not the limitation factors in Weibei dryland. The yield responses of winter wheat to the limitation factors were in the order of P_2O_5>N. The fertilizer supply ranges of optimum enconomic benefit were N 90.03～104.17 kg/hm², P_2O_5 83.74～91.29 kg/hm² in deficit water year and N 97.30～132.31 kg/hm², P_2O_5 89.65～106.88 kg/hm² in common water year.

Key words　winter wheat, soil nutrient, fertilizer supply index, Weibei dryland