植物营养与肥料学报 2000,6(4):404～408
Plant Nutrition and Fertilizer Science

宁南山区不同降水年型与地形的施肥模式研究

周　涛[1], 胡　华[2], 惠开基[1]
(1. 宁夏农林科学院土壤肥料研究所,宁夏银川 750002; 2. 宁夏大学数学系, 宁夏银川 750002)

摘要: 采用回归饱和最优设计,对宁南山区 3 种不同立地农田生态系统影响春小麦产量的氮肥和磷肥用量进行了长期定位研究,并建立了春小麦施肥效益函数模型。通过对函数模型分析,确定了最大产量效应和最佳经济效应的施肥组合方案,明确了模型因素效应顺序和高产施肥的关系。

关键词: 氮;磷;降水年型
中图分类号:P462.2;S147.2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2000)04-0404-05

宁夏南部山区(简称宁南山区)以春小麦为主,经过近 10 年(1988～1998)的科技攻关,该地区的旱地农业生产水平有了较大的提高。为进一步提高该地区的生产水平,通过长期肥料定位试验分析了该地区不同降水年型各立地农田生态系统肥料效应以及肥料对作物生长发育的影响,采用二因素二次回归饱和设计建立了不同降水年型各立地农田生态系统氮磷肥效函数模型,确定了不同降水年型各立地农田生态系统的优化施肥组合方案[1,2],旨在为春小麦高产、稳产和高效栽培提供科学的施肥依据。

1　材料与方法

试验在宁夏隆德县陈勒乡联合国开发计划署(UNDP)试验区塬地上进行。该试区海拔 1874m,年均气温 5.9℃,年降雨量 324～576mm,属半干旱偏旱区,主要作物是春小麦、蚕豆和马铃薯;土壤为黑垆土,0～20cm 土层 pH 为 7.8、有机质 11.6g/kg、全氮 0.54g/kg、碱解氮 41.0mg/kg、速效磷 0.5mg/kg、速效钾 117.0mg/kg。

试验采用二次饱和 D 最优设计[3],试验处理(编码值和施肥量)见表 1。

表 1　试验设计

Table 1　Experiment design

项目 Item		试验方案 Design					
N	编码值 Code	−1	1	−1	−0.1315	1	0.3944
	施肥量 Rate(kg/hm^2)	0	225	0	97.7	225	156.9
P_2O_5	编码值 Code	−1	−1	1	−0.1315	0.3944	1
	施肥量 Rate(kg/hm^2)	0	0	180	78.2	125.5	180

收稿日期:1999-08-09
基金项目:联合国开发计划署(UNDP)资助项目(UNDPCPR91/114)
作者简介:周涛(1966—),男,重庆巴县人,硕士,副研究员,现为中国农业大学博士研究生,主要从事旱地农业持续发展,土壤生态等研究。

试验小区面积 2m×15m,供试春小麦品种为"高原 602",每年 3 月下旬播种,8 月中旬收获。春小麦生长期间(扬花期、成熟期)用叶面积仪法测定叶面积,并测定株高等,成熟以后单收并考种。

2　结果分析

2.1　不同降水年型各肥力田块的产量效应

经过连续多年(1990～1997)分高、中、低 3 类农田的 18 个田块的定点调查结果发现,不同降水年型、不同肥力的田块春小麦平均产量差异显著。在各种降水年型(1992、1997 为丰水年,平均年降雨 333.5mm;1993、1995 为平水年,年雨量 229.0mm;1994、1996 为欠水年,年降水 151.4mm[4])中,低肥力田块春小麦产量仅相当于高肥力田块的 52.9%,在欠水年低肥力田块春小麦产量仅相当于高肥力田块的 40.6%,即使在丰水年也只有 58%。同一肥力田块因降水差异,作物产量也不同,欠水年春小麦的产量分别相当于丰水年的 34.9%;高肥力田块春小麦产量在丰水年比低肥力田块在欠水年增加 4.89 倍,即使中等肥力田块也较之增加 3.64 倍。可见,水、肥对作物产量影响是很大的。根据试验所得产量结果(表 2),求得不同降水年型各立地农田生态系统肥料效应回归方程,列于表 3。经 F 检验均达到显著或极显著的水平,说明该回归方程较好地反映实际情况。

表 2　不同降水年型肥料试验春小麦产量(1991～1997 平均值,kg/hm²)

Table 2　Yields of fertilizer experiment under different rainfall years

氮肥用量 N rate(kg/hm²)		0	225.0	0	97.7	225.0	156.9
磷肥用量 P_2O_5 rate(kg/hm²)		0	0	180.0	78.2	125.5	180.0
川地	丰水年	2529.0	3361.5	3081.0	4038.0	4573.5	4624.5
	平水年	2217.0	2949.0	2698.5	3573.0	3991.5	4060.5
	欠水年	1833.0	2379.0	2281.5	3267.0	3361.5	3549.0
梯田	丰水年	2080.5	3217.0	2556.0	3637.5	4243.5	4188.0
	平水年	1867.5	2683.5	2187.0	3228.0	3633.0	3582.0
	欠水年	1684.5	2281.5	1983.0	3096.0	3138.0	3274.5
塬地	丰水年	1711.5	2647.5	2067.0	3229.5	3648.0	3609.0
	平水年	1543.5	2343.0	1806.0	3019.0	3252.0	3271.5
	欠水年	1362.0	1869.0	1534.5	2818.5	2529.0	2776.5

表 3　不同降水年型各立地农田生态系统肥料效应回归方程

Talbe 3　Regression equation of fertilizer on varied farmland under different precipitation years

立地 Topography		肥料效应方程 Equation of fertilizer effect	F 检验 F Test
川地	丰水年	$Y=2529.0000+11.9413N+9.7937P+0.0202NP-0.0366N^2-0.0374P^2$	315.9
	平水年	$Y=2217.0000+11.1038N+8.6783P+0.0170NP-0.0349N^2-0.0334P^2$	406.1
	欠水年	$Y=1833.0000+12.7324N+9.8659P+0.0135NP-0.0458N^2-0.0405P^2$	334.7
梯田	丰水年	$Y=2080.3330+12.7239N+9.6398P+0.0184NP-0.0359N^2-0.0389P^2$	459.7
	平水年	$Y=1867.5000+11.4106N+8.8669P+0.0162NP-0.0346N^2-0.0394P^2$	437.1
	欠水年	$Y=1684.5000+13.3978N+9.1187P+0.0129NP-0.0478N^2-0.0415P^2$	255.5
塬地	丰水年	$Y=1711.5000+13.0440N+9.7391P+0.0166NP-0.0395N^2-0.0438P^2$	306.9
	平水年	$Y=1543.5000+13.9423N+8.7569P+0.0170NP-0.0462N^2-0.0426P^2$	342.6
	欠水年	$Y=1362.0000+15.8344N+8.7550P+0.0086NP-0.0604N^2-0.0433P^2$	209.5

2.3 单因子效应分析

采用降维法,令另一个因子为零,将肥效方程进行降维处理即可得单因子效应方程,并将各试验处理的施肥量代入单因子效应方程中,求得各因子不同水平的产量及其变异系数(表4)。

表4 单因子效应方程和各因子变异系数

Table 4 Effect equation of single factor and the variation coefficient

立地 Topography		氮肥效应方程 Effect equation of nitrogen	氮素变异系数 CV%	磷肥效应方程 Effect equation of phosphorus	磷素变异系数 CV%
川地	丰水	$Y_N=2529.0+11.9413N-0.0366N^2$	13.6	$Y_P=2529.0+9.7937P-0.0374P^2$	9.6
	平水	$Y_N=2217.0+11.1038N-0.0349N^2$	13.9	$Y_P=2217.0+8.6783P-0.0334P^2$	9.6
	欠水	$Y_N=1833.0+12.7324N-0.0458N^2$	15.6	$Y_P=1833.0+9.8659P-0.0405P^2$	11.7
梯田	丰水	$Y_N=2080.3+12.7239N-0.0359N^2$	18.2	$Y_P=2080.3+9.6398P-0.0389P^2$	10.5
	平水	$Y_N=1867.5+11.4106N-0.0346N^2$	16.9	$Y_P=1867.5+8.8669P-0.0394P^2$	9.5
	欠水	$Y_N=1684.5+13.3978N-0.0478N^2$	17.5	$Y_P=1684.5+9.1187P-0.0415P^2$	9.5
塬地	丰水	$Y_N=1711.5+13.0440N-0.0395N^2$	19.9	$Y_P=1711.5+9.7391P-0.0438P^2$	11.0
	平水	$Y_N=1543.5+13.9423N-0.0462N^2$	20.7	$Y_P=1543.5+8.7569P-0.0426P^2$	10.2
	欠水	$Y_N=1362.0+15.8344N-0.0604N^2$	22.3	$Y_P=1362.0+8.7550P-0.0433P^2$	11.3

通过偏回归系数绝对值和变异系数分析表明,氮肥对春小麦产量影响大于磷肥。在各种降水年型中氮肥和磷肥对于春小麦的影响顺序为:塬地>梯田>川地;欠水平>平水年>丰水年,与党增春等在宁南干旱区的研究结果一致[5]。

2.4 氮肥和磷肥的交互作用

表5 不同降水年型氮肥和磷肥交互效应分析

Table 5 Analysis of mutual effect of N and P under different precipitation years

立地 Topography		氮肥和磷肥增产等效点方程 Equal effect equation of raising production N and P	氮磷肥产量互补效应 Mutual effect of production of N and P	氮磷肥转化阈值 Transform key of N and P
川地	丰水	N=22.99+1.02P	1.22	22.99
	平水	N=27.94+0.97P	1.28	27.94
	欠水	N=27.27+0.90P	1.29	27.27
梯田	丰水	N=34.21+1.07P	1.32	34.21
	平水	N=29.79+1.11P	1.29	29.79
	欠水	N=39.44+0.88P	1.47	39.44
塬地	丰水	N=34.57+1.09P	1.34	34.57
	平水	N=47.40+0.93P	1.59	47.40
	欠水	N=54.71+0.74P	1.81	54.71

表5为不同降水年型氮肥和磷肥的交互效应。现以川地为例对氮肥和磷肥的交互作用进行分析,通过氮肥和磷肥效应方程求导可得氮肥产量效应方程(1)和磷肥产量效应方程(2):

$$\partial Y/\partial N=11.9413+0.0202P-0.0732N \quad (1)$$

$$\partial Y/\partial P=9.7937+0.0202N-0.0748P \quad (2)$$

令方程(1)=(2),则可得增产等效点方程为 N=22.99+1.02P。即当 N>22.99+1.02P 时,磷肥增产效应>氮肥增产效应,磷肥肥效大于氮肥肥效;当 N<22.99+1.02P 时,磷肥增产效应<氮肥增产效应,磷肥肥效小于氮肥肥效;当 N=22.99+1.02P 时,磷肥增产效应=氮肥增产效应,磷肥肥效等于氮肥肥效。

分析试验范围内各因子的一次效应[6],即 N=P=0 时,即$\partial Y/\partial N=11.9413$;$\partial Y/\partial P=9.7937$。可知氮肥和磷肥单位用量的产量互补效应为 1.22。

在磷肥用量为 0 时,N=22.99,氮肥和磷肥的增产效应转化阈值为 22.99kg/hm^2。即当氮肥施用量大于 22.99kg/hm^2 时,磷肥肥效>氮肥肥效;当氮肥施用量小于 22.99kg/hm^2 时,磷肥肥效<氮肥肥效,该结果比华天懋在渭北旱源氮磷肥转换量高[7],主要是由于本地区土壤肥力较差[8]。

2.5　不同立地农田生态系统最佳施肥的经济效益

令 R 为零,根据函数性质,可将肥料效益回归方程求导,当导数分别等于零和分别等于其相对的肥料价格与产品价格之比时,求出的解分别为最高产量施肥组合和最佳经济效益施肥组合[9]。

试验结果(表 6)表明,不同降水年型最佳理论产量与对照比较川地分别增产 23.3%、25.1%和 26.1%,梯田分别增产 37.2%、34.6%和 36.3%,塬地分别增产 43.0%、50.9%和 54.5%,增加幅度的顺序为:塬地>梯田>川地。说明塬地和梯田的增产潜力十分巨大。

表 6　不同立地农田生态系统最佳施肥的经济效益

Table 6　The economic benefits of optimum fertilization in different farmland ecological systems

立地 Topogr.		产量 Yield (kg/hm^2)		最佳施肥量 OPT fert. (kg/hm^2)		化肥投入 Input (元/hm^2)	增产 Increase			纯利投资 Profit	
		CK	OPT	氮肥	磷肥		%	kg/hm^2	元/hm^2	元/hm^2	元/元
川地	丰水	2529.0	3117.1	191.5	162.2	763.2	23.25	588.1	941.0	177.8	0.23
	平水	2217.0	2773.2	179.0	152.6	715.8	25.09	556.2	889.9	174.2	0.24
	欠水	1833.0	2311.1	144.6	127.0	587.3	26.08	478.1	765.0	177.6	0.30
梯田	丰水	2080.3	2855.1	199.5	151.4	752.0	37.24	774.8	1239.7	487.7	0.65
	平水	1867.5	2513.6	177.9	129.7	657.6	34.60	646.1	1033.8	376.2	0.57
	欠水	1684.5	2296.5	142.6	113.6	551.3	36.33	612.0	979.2	427.9	0.78
塬地	丰水	1711.5	2447.5	176.6	127.2	648.9	43.00	736.0	1177.6	528.7	0.81
	平水	1543.5	2328.6	159.4	116.6	590.1	50.86	785.1	1256.2	666.0	1.13
	欠水	1362.0	2104.8	128.0	96.1	479.9	54.54	742.8	1188.5	708.6	1.48

参 考 文 献:

[1]　茆诗松,丁元,周纪芗,等.回归分析及其试验设计[M].上海:华东师范大学出版社,1981.

[2]　孙克刚,等.芝麻高产优化施肥推荐模型建立及其应用[J].土壤通报,1997,28(3):135-136.

[3]　王兴仁,张福锁.现代肥料试验设计[M].北京:中国农业出版社,1996.81-85.

[4]　周涛,惠开基.宁夏半湿润偏旱区农田土壤水分潜力分析[J].干旱区资源与环境,1994,11(4):74-78.

[5]　党增春,等.宁南干旱区春小麦氮、磷施肥模式研究[J].水土保持通报,1994,14(6):24-30.

[6]　徐学选,等.春小麦水肥产出协同效应研究[J].水土保持学报,1994,11(3):24-28.

[7] 华天懋,等.渭北旱塬农田的合理肥料结构研究[J].土壤通报,1994,25(6):272-275.
[8] 王吉智.宁夏土壤[M].银川:宁夏人民出版社,1990.82-95.
[9] 李仁岗,陈伦寿.农田施肥原理与实践[M].北京:农业出版社,1984.

Stydy on fertilization model of varied farmland ecological systems of different precipitation years in southern mountain of Ningxia

ZHOU Tao[1], HU Hua[2], XI Kai-ji[1]
(1. *Inst. of Soil and Fertilizer, Ningxia AAS, Yinchuan* 750002; 2. *Dept. of mathematics, Ningxia Univ., Yinchuan* 750002)

Abstract: The paper apply design of regression saturation to make long term experiment on rates of nitrogen and phosphorus affecting spring wheat production in three kinds of different farmland ecological systems. The effect equation of fertilization of spring wheat is put up, and the equation is analyzed. The plan of fertilization of the biggest production and the optimum economic effect are defined, and the sequence of fertilizer and the relation of high-production and fertilization are defined.

Key word: nitrogen; phosphorus; different precipitation years