

宁南旱作春小麦模式化栽培研究

郭宝安 陈国良 赵克学* 穆兴民

(中国科学院水利部西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

摘 要

自1983年开始,在研究上采用农业系统工程的原理和方法,集优化、量化、模式化、综合化为一体进行试验。得出了宁夏南部黄土丘陵区旱作春小麦,以播种量、施肥深度、保墒措施、农家肥和氮、磷肥投入等5大可控因子为基础措施的定量、优化、丰产、综合栽培模式。

关键词 旱作农业 春小麦 模式栽培

本研究是国家“七五”科技攻关项目,“黄土高原综合治理试验示范区上黄试区”、“旱作农业增产技术体系及其依据”研究课题的一部分。本课题自1983年开始,通过多年试验研究,确定了旱作春小麦最佳施肥深度和施肥指标阈,明确了旱作春小麦的水分利用效率。采用试验、示范、推广同步进行,滚动前进的思想和方法。利用示范、推广的反馈信息即时修正设计方案。本研究从研究经验模式入手,逐渐向数学模式化栽培技术体系过渡。1990年在严重的底墒不足(1989年降水358mm)情况下,示范的近万亩农田,平均亩产148kg,较经验栽培模式110kg/亩,一般栽培80kg/亩,分别增产35%和85%。现累计推广4万余亩,为宁夏南部山区的脱贫致富和解决温饱问题作出了贡献。

1 问题的提出

宁南黄土丘陵区位于黄土高原西部,海拔1500~1800m之间,年平均气温5~7℃,≥10℃积温2500~2800℃,年降水量340~540mm,干燥度1.55,属温凉半干旱气候区。

宁南黄土丘陵区位于偏远山区,交通不便,水土流失严重,生态环境恶性循环,可开垦资源少,是全国最贫困地区之一。通过我们对这一地区的全方位综合性考察,认为要使群众脱贫致富必须抓紧粮食生产,提高粮食作物的单位面积产量。这样才能退耕还林还牧,改善生态环境,以牧促农,以农馈牧,使农业生产向良性循环发展。春小麦是宁南黄土丘陵区的主要粮食作物,它的产量高低直接影响着全年的粮食生产形势。为此,我们首先开展了春小麦高产栽培措施的研究。

2 问题的归宿

影响旱作春小麦的因素很多,其中最主要的是薄、粗、旱。为了克服这些限制因素的影响,农学、生理、土壤学等学科都进行了许多研究,并已肯定了许多生产中有一定程度增产作用的措施。然而,这些研究工作大多是在特定条件下,为了探索某个因素的单独影响和改善途径而进行的,并未探索其各项措施的综合效益及其合理的组合方式。我们知道因素间存在着功能的互补与互克作用,某些因素在一定条件下处于最佳水平,而在其它条件下的有效性就有可能增衰,甚至还会有出现反作用的可能性。也就是说将所有因素的最佳水平简单叠加,其结果不一定最佳。这一方面是由于不同学科的侧重不同,另外也由于缺乏综合的科学研究方法。

因此,寻找一种在旱作农业栽培体系中,能将已有的各种措施合理的组合起来,既与作物的生态环境相适应,又能使作物更好地抵御不良环境,从而获得高产;即研究单一措施的不同效益及其适宜性,又研究各个措施之间的相关性(交互效应)及其综合效应,既能提供定性分析结果,又能提供各个措施的作用与量度的方法,是旱作春小麦丰产问题的归宿——模式化栽培。

3 旱作春小麦模式化栽培研究途径

模式化栽培是当今栽培学的主要发展方向之一。日本战后搞了20年的水稻栽培技术竞赛,积累了大量的高产经验和技术资料,但无法在全国推广应用,水稻产量仍不高。而研究模式化栽培技术仅3年,就使水稻产量翻一番,由世界的水稻低产国变成了高产国。法国、西德、丹麦和美国等,也在小麦、水稻、玉米、棉花、蔬菜上应用了模式化栽培技术,都收到了良好的效果。

国内从1980年开展了各方面的研究工作,主要是研究籼稻的模式化栽培。湖南省娄底地区农科所1983年推广杂交籼稻的模式化栽培,产量增长20%以上。实践证明作物的模式化栽培是目前作物栽培学研究的总趋势。

宁南黄土丘陵区气候干旱,地下水资源缺乏,难以照搬国外模式化和国内规范化栽培技术。尤其是对旱作栽培的模式化栽培当时又无先例可徇,只有采用农业系统工程的原则和方法,在现有的研究成果和总结群众旱作栽培经验的基础上,进行具有宁南黄土丘陵区特色的旱作春小麦模式化栽培研究。

旱作春小麦模式化栽培就是要研究、探讨和建立春小麦生物体与环境条件的高度协调,高度综合的技术体系。在掌握影响小麦生长发育的环境因子定量关系的基础上,确定系统的优化农艺措施体系,使春小麦的个体和群体按照最佳的形态生长发育。实现动态平衡,达到高产、稳产、低耗和高效益的目的。

4 模式化栽培的构思与设计

旱作栽培中,重点而又可人为调控的因子与水地类同,但作法上有着显著的区别。比如对水的调控,水地采用的是灌溉补给法,而旱地则只能采用耙耱、镇压、地膜覆盖、施用

保墒剂,铺沙和碎秸秆等,通常能大面积达到的只有前二者。肥料的施用更有别于水地,通常撒施是不适于旱地的,因土壤表层干燥而又无适时降水时,撒施不仅无效,浪费,还会造成烧苗,故只能采用深层施肥的方法。

据以上分析,我们在众多影响春小麦产量因子中,挑选以下五个可控因子为模式化栽培的主要实施因子:(1)播种量,(2)有机肥施量,(3)无机肥施量,(4)施肥深度,(5)保墒措施。

为使模式具有机理明确,技术简化,重演性强、省工高产,易于掌握等特点,在试验设计时我们采用多元二次正交施转组合回归设计对试验进行布置和计算。设计方案见表1。

表1 旱作春小麦试验因子及水平编码

自变量	变化间距	变量设计水平 (r=2)					备 注
		-2	-1	0	1	2	
x_1 (播量)	2.5kg/亩	10	15	20	25	30	3月15日播种
x_2 (农肥)	7500kg/亩	0	1500	3000	4500	6000	立冬前施入
*化 N	1 kg/亩	2	4	6	8	10	立冬前施入
x_3 肥 P	1 kg/亩	0	2	4	6	8	立冬前施入
x_4	5 cm	10	15	20	25	30	
(施肥深度)		伏期耕耙	伏期耕耙	伏期耕耙	伏期耕耙	伏期耕耙	前作收后
			冬前压	冬前压	冬前压	冬前压	1月上旬
				顶凌压	顶凌压	顶凌压	3月上旬
					播前压	播前压	10月3日
						播后踩压	3月16日

* 化肥用量为纯量

5 旱作春小麦模式栽培研究结果

通过几年试验和大面积定点调查,获得了宁南黄土丘陵区主栽品种红芒麦(占春小麦播种面积60%左右)产量与各可控栽培措施的预测模型。

5.1 丰水年粮食产量(\hat{Y})预测模型

$$\begin{aligned}\hat{Y} = & 158.3 + 3.3x_1 + 3.5x_2 + 1.5x_3 - 5.9x_4 + 5.3x_5 + 4.6x_1x_2 + 2.2x_1x_3 - 4.5x_1x_4 - 2.2x_1x_5 \\ & + 1.6x_2x_3 - 0.8x_2x_4 - 3.7x_2x_5 - 1.5x_3x_4 - 3.3x_3x_5 - 3.5x_4x_5 - 1.9x_1^2 + 1.8x_2^2 - 1.4x_3^2 \\ & - 0.14x_4^2 - 0.5x_5^2 (F=1.8 > F_{0.05})\end{aligned}$$

5.2 平水年粮食产量(\hat{Y})预测模型

$$\begin{aligned}\hat{Y} = & 145.2 + 3.7x_1 + 4.3x_2 + 3.4x_3 + 2.7x_4 - 0.2x_5 + 4.4x_1x_2 + 5.8x_1x_3 - 4.0x_1x_4 + 5.9x_1x_5 \\ & - 1.4x_2x_3 + 5.6x_2x_4 - 2.7x_2x_5 + 0.4x_3x_4 + 1.1x_3x_5 + 6.2x_4x_5 + 2.3x_1^2 + 0.6x_2^2 - 0.7x_3^2 \\ & - 4.8x_4^2 - 0.6x_5^2 (F=1.8 > F_{0.05})\end{aligned}$$

式中: x_1 ——播种量; x_2 ——农家肥投入量; x_3 ——化肥投入量; x_4 ——施肥深度; x_5 ——保墒次数。

通过计算机模拟,提出了不同降水年型下不同产量水平的春小麦丰产栽培方案(表2)。

表2 不同年型产量水平的栽培方案

亩产量 (kg/亩)	播种量 (kg/亩)	农肥投入 (kg/亩)	化肥投入 (kg/亩)	施肥深度 (cm)	保墒措施 (次)	备 注
100~125	10	1500	4.0	19	3	年降水
125~150	10	1500	5.0	20	3	400~480
150~170	10	2000	6.0	21	4	mm
125~150	10	1500	4.8	20	3	年降水
150~175	11	2000	5.8	20	4	>480
175~200	12	2400	6.8	20	4	mm

注：化肥投入以纯量计算

6 结果讨论

6.1 限制旱作春小麦产量提高的主要因素

气候条件和土地条件,是影响宁南黄土丘陵区春小麦生产的两个重要因素。以水分条件为主的气候因素是造成本地区粮食产量年际差别和波动的主要因素,而以肥力条件为主的土地因素则是限制产量提高的主要因素。

宁南黄土丘陵区具有深厚的黄土层,如作物利用层以2m计算,每亩土壤可贮存550~620mm的水分,故称黄土高原具有“土壤水库”效应。据我们研究,当前这一地区春小麦生长不良,产量低往往不是由于土壤水分过缺而导致。而是由于根系不能深扎,利用土壤深层贮水能力差所造成的。由表3可见,目前春小麦产量低的根本原因是肥料投入不足,以致水分生产率不高。1m以下深层贮水尚未得到充分利用。故以肥料投入为突破口,以肥调水,对进一步提高粮食产量将起重要作用。

表3 不同化肥投入的水分生产率

施 用 量(kg/亩)		产 量(kg/亩)		耗 水 量	水分生产率
N	P ₂ O ₅	生 物 学	籽 粒	(mm)	(kg/mm)
2	2	206.2	79.3	305	0.26
0	2	134.2	44.8	280	0.16
2	0	166.9	61.8	291	0.21
0	0	131.0	43.7	285	0.15

6.2 不同地力条件下氮磷肥效的阈域

在提高氮、磷肥效益研究上,目前多数研究取得最佳施用量,一般都是“点”值。农业技术推广过程中,某项措施的实施“点”值会对实施带来众多的干扰。我们对氮、磷肥的高效阈域进行了研究,结果表明:土壤速效氮为4.8mg·kg⁻¹的地力条件,亩产125kg左右,投氮量(x₁)和投磷量(x₂)与产量(Y)的回归关系为:

$$\hat{Y} = 158.3 + 1.5x_1 + 1.2x_2 + 3.35x_1x_2 - 1.8x_1^2 - 1.6x_2^2 (F_{0.05} < 2.3 = F)$$

统计结果表明,氮、磷肥的阈域下始投氮3.4kg/亩,P₂O₅2.4kg/亩,上终点为氮6.2kg/亩,磷4.1kg/亩。肥料高效区段投氮量3.4~6.2kg/亩,投磷量2.4~4.1kg/亩。

6.3 不同施肥深度对产量的影响

旱作栽培中,肥料的施用有别于水地。在土壤干燥而无适时降水时,撒施不仅无效,

还会造成烧苗和浪费。因此,只有采用深层施肥的办法来解决。

试验结果表明,浅施(约 5cm)能促进作物苗期或早期生长,但到中后期由于表土干燥,就影响到作物的生长发育、养分吸收、干物质的积累,以及品质下降。但如果施肥深度达到 30cm 以下,由于对作物供肥较迟,致使作物贪青晚熟(推迟 7—10 天),甚至青干,使大量养分积累于茎叶之中,不能向籽粒转移,影响籽粒产量。春小麦平水年的施肥深度以 20~25cm,丰水年的施肥深度以 15~20cm 最为适宜。

通过试验研究,宁南黄土丘陵区春小麦产量处于低水平,产量年际间变化是随气候变化在低水平范围内波动。加之人们无法控制降水和其它气候条件,所以,提高春小麦产量的基本措施应为改土培肥,充分利用有限降水,提高水分生产率。随着养分投入的提高,要重视品种的更换,引进喜肥水的丰产性品种,以适应生产发展的需要。

RAIN-FED SPRING WHEAT CULTIVATION MODEL AND ITS APPLICATION IN SOUTH NINGXIA

Guo Baoan Chen Guoliang Zhao Kexue Mu Xingmin

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

Abstract

With integrated optimisation, quantization, formalization and synthesis, rain-fed spring wheat cultivation model was developed using agriculture system engineering principles and method. For the hilly-gullied region of South Ningxia, sown amount, depth of applying fertilizer, measures of preservation of soil moisture, amount of farm manure, N and P fertilizer are the five basic factor of the model. The results of application of this model showed it is suitable for the research region.

Key words spring wheat cultivation model system engineering