

文章编号: 1003-8701(2002)05-0014-04

吉林省西部盐碱地水稻综合农艺 数学模型及优化方案的研究^{*}

赵国臣¹, 李亚峰², 郭晞明¹, 周 舰¹

(1. 吉林省农科院水稻所, 吉林 公主岭 136100; 2. 通化市农业推广总站)

摘 要: 根据“最佳模拟配合法”原理, 利用吉优 1 号在盐碱地高产栽培技术体系中几个关键性农艺因素, 采用五元二次回归正交旋转组合设计法, 进行多因素、多水平的试验研究, 建立了 600 kg/667 m² 以上的综合农艺数学模型及优化方案, 为西部盐碱地大面积水稻高产优质栽培技术提供了理论依据。

关键词: 吉优 1 号; 数学模型; 优化方案; 盐碱地

中图分类号: S287

文献标识码: A

为探讨吉林省西部盐碱地水稻高产栽培技术措施, 把措施进行数量化和质量化, 在我省西部白城市洮北区进行了数学模式化栽培研究, 并以此数学模型和优化栽培模式为依据, 提出各因素的效应和各因素的内在联系, 从而达到模拟各生产因素和预测盐碱地水稻产量, 为寻求最佳农艺措施提供可靠的科学依据, 达到充分发挥西部盐碱地水稻高产潜力的目的。

1 设计与方法

试验材料选用耐盐碱吉优 1 号水稻新品种, 试验地点设在吉林省白城市洮北区, 试验地属中度以上盐碱地, 有机质含量为 1.2%, 全氮量为 0.09%, 全磷量为 0.06%, 全钾量为 3%, pH 值为 8.7, 盐分含量为 0.3%, 肥力较低, 井水灌溉。

试验选用亩产量为目标函数, 在影响盐碱地水稻高产栽培可控因素中, 选择了秧田的播

表 1 各因素的设计水平

因 素	水平间距	水 平 $r=2$				
		-2	-1	0	1	2
X ₁ 秧田播种量(kg/667m ²)	1	2	3	4	5	6
X ₂ 秧龄(d)	5	25	30	35	40	45
X ₃ 密度(万丛/667m ²)	0.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
X ₄ 本田纯氮量(kg/667m ²)	5	0	5	10	15	20
X ₅ 本田纯钾量(kg/667m ²)	4	0	4	8	12	16

注: 氮肥的施用水平是以底、基、穗、粒为 4:3:2:1, 磷肥一次性作底肥施入, 硫酸钾按基、穗各 50% 施入。

收稿日期: 2002-05-21

作者简介: 赵国臣(1963-), 男, 吉林省农科院水稻所研究员, 硕士, 主要从事绿优米及高产栽培技术研究。

* 吉林省作物学会第七届理事会推荐优秀论文。

播种量、秧龄、密度、氮素和钾肥施用量五个因素为可控变量,采用二次回归正交旋转组合设计法,对变量进行线性编码代换。试验各因素及水平如表 1。

试验设计 36 个小区,其中五因素二水平试验,二分之一实施小区 16 个,五维空间坐标轴上与中心距离为 $r=2$ 的试验小区 10 个,五个自变因素的零水平小区 10 个,零水平小区以间比法插入,其余全部采用随机区组排列,具体见表 2。

表 2 各小区的产量及编码

区号	组合方案					产量 (kg/667m ²)	区号	组合方案					产量 (kg/667m ²)
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅			X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	
1	1	1	1	1	1	684.8	19	0	2	0	0	0	634.9
2	1	1	1	-1	-1	648.4	20	0	-2	0	0	0	602.1
3	1	1	-1	1	-1	617.9	21	0	0	2	0	0	695.6
4	1	1	-1	-1	1	566.1	22	0	0	-2	0	0	590.6
5	1	-1	1	1	-1	655.5	23	0	0	0	2	0	680.8
6	1	-1	1	-1	1	623.9	24	0	0	0	-2	0	542.8
7	1	-1	-1	1	1	605.2	25	0	0	0	0	2	700.9
8	-1	-1	-1	-1	-1	607.1	26	0	0	0	0	-2	610.6
9	-1	1	1	1	-1	671.6	27	0	0	0	0	0	653.9
10	-1	1	1	-1	1	603.2	28	0	0	0	0	0	646.2
11	-1	1	-1	1	1	653.3	29	0	0	0	0	0	625.9
12	-1	1	-1	-1	-1	557.4	30	0	0	0	0	0	665.8
13	-1	-1	1	1	1	672.8	31	0	0	0	0	0	666.5
14	-1	-1	1	-1	-1	561.8	32	0	0	0	0	0	662.5
15	-1	-1	-1	1	-1	584.6	33	0	0	0	0	0	639.2
16	-1	-1	-1	-1	1	568.8	34	0	0	0	0	0	662.9
17	2	0	0	0	0	562.3	35	0	0	0	0	0	640.0
18	-2	0	0	0	0	631.0	36	0	0	0	0	0	687.2

2 结果与分析

2.1 目标函数的建立

各性状与处理因子之间采用多元回归分析,期望回归方程为:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^5 b_i X_i + \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^5 b_{ii} X_i^2$$

通过计算多元回归数学模型:

$$Y = 655.8 - 0.08X_1 + 7.86X_2 + 23.82X_3 + 28.5X_4 + 10.6X_5 - 4.5X_1X_2 + 4.44X_1X_3 - 10.83X_1X_4 - 10.73X_1X_5 + 4.06X_2X_3 + 6.00X_2X_4 - 0.31X_2X_5 + 5.36X_3X_4 + 1.31X_3X_5 + 6.20X_4X_5 - 14.83X_1^2 - 9.37X_2^2 - 3.22X_3^2 - 11.05X_4^2 - 0.06X_5^2$$

为检验模型的准确度,提高选优的可靠性,对上述方程及回归系数进行方差分析和显著性测验(表 3)。

2.2 选择优异组合

从方程中得知,产量与五个因素之间呈二次曲线关系,表明并非提高任一因素都可获得增产,而必须是几个因素共同作用的结果。通过计算机,在约束的条件下($-2 \leq X_i \leq 2$,步长为 1),要用频率分布统计法,组成 $5^5=3125$ 个方案,优选出 667 m² 产 600 kg 以上的组合方案 1226 个,占 39.2%,根据各因素的计算机取值分布,选择可行的高产农艺方案(表 4)。

从表 4 中分析得出 $X_1 \sim X_5$ 的五个因素实际农艺措施取值幅度,即每 667 m² 秧田播种量为 3.85~3.98 kg,秧龄为 36~36.7 d,667 m² 栽丛数为 3.32 万~3.38 万丛,667 m² 本田施入纯氮量为 13.54~14.11 kg,纯钾量为 8.79~9.41 kg 时,预测产量可达 600 kg/667m² 以上。

表3 回归方差分析结果

变异来源		方差	模型	F 值	显著性(%)
一次项效应	X ₁	0.17	-0.08	0.000 3	
	X ₂	1 482.08	7.86	2.742	0.05
	X ₃	13 613.61	23.82	25.186	0.01
	X ₄	19 551.04	28.54	36.170	0.01
	X ₅	2 696.65	10.60	4.989	0.01
二次项效应	X ₁ ²	7 039.80	-14.83	13.024	0.01
	X ₂ ²	2 810.06	-9.37	5.199	0.01
	X ₃ ²	331.98	-3.22	0.614	
	X ₄ ²	3 907.28	-11.05	7.229	0.01
	X ₅ ²	0.11	-0.06	0.000 2	
交互效应	X ₁ X ₂	324.00	-4.50	0.599	
	X ₁ X ₃	315.05	4.44	0.583	
	X ₁ X ₄	1 874.89	-10.83	3.496	0.05
	X ₁ X ₅	1 840.41	-10.73	3.405	0.01
	X ₂ X ₃	264.06	4.06	0.489	
	X ₂ X ₄	576.00	6.00	1.066	
	X ₂ X ₅	1.54	-0.31	0.002 8	
	X ₃ X ₄	460.10	5.36	0.851	
	X ₃ X ₅	27.56	1.31	0.051	
	X ₄ X ₅	615.04	6.20	1.138	0.10
失拟误差	5 303.44			2.84	
剩余	8 107.93			F(6,9)	$\begin{cases} a=0.05=3.37 \\ a=0.01=5.80 \end{cases}$
回归	2 804.49			5.34	0.01
总计	57 731.43			F(20,15)	$\begin{cases} a=0.05 & 2.33 \\ a=0.01 & 3.36 \end{cases}$
	65 839.36				

表4 产量在 600 kg/667m² 以上各项农艺措施的频次分布情况

水平代码	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄		X ₅	
	频次	%								
-2	187	15.3	105	8.6	61	5.0	4	0.3	181	14.8
-1	287	23.4	253	20.6	155	12.6	152	12.4	205	16.7
0	334	27.2	314	25.6	263	21.5	330	26.9	244	19.9
1	279	22.8	304	24.8	358	29.2	383	31.2	287	23.4
2	139	11.3	250	20.4	389	31.7	357	29.1	309	25.2
加权平均值	-0.08		0.28		0.70		0.76		0.28	
标准差	0.04		0.04		0.03		0.03		0.04	
95%置信域	-0.15~-0.02		0.2~0.35		0.63~0.77		0.70~0.82		0.20~0.35	
农艺实际措施取值限度	3.85~3.98		36~36.7		3.32~3.38		13.54~14.11		8.79~9.41	

3 效应分析

3.1 主因素效应

从表3的一次项中可以看出,五项技术措施以对产量影响大小顺序为施氮量(X₄)>密度(X₃)>施钾量(X₅)>秧龄(X₂)>秧田播种量。从二次项效应看出,五项措施因素对产量的顺序为施钾量(X₅)>密度(X₃)>秧龄(X₂)>施氮量(X₄)>秧田播种量,用“降维法”把四个自变量固定在零水平上,计算出另一变量与产量的回归方程如下:

$$Y_1 = 655.80 - 0.08X_1 - 14.83X_1^2$$

$$Y_2 = 655.80 + 7.86X_2 - 9.37X_2^2$$

$$Y_3 = 655.80 + 23.82X_3 - 3.22X_3^2$$

$$Y_4 = 655.80 + 28.54X_4 - 11.05X_4^2$$

$$Y_5 = 655.80 + 10.60X_5 - 0.06X_5^2$$

把上述方程绘成图 1 可以看出,五个因素与产量均呈二次曲线关系,其中氮素和密度在 $-2 \sim 1$ 水平范围内,随施氮量、丛数的增加而增多,播种量、钾肥、秧龄在 $-2 \sim 0$ 水平范围随之增加而增产。

3.2 多因素的互作效应

通过表 3 可以看出,在五个因素的交互作用中,只有 X_1X_4 、 X_1X_5 、 X_4X_5 对产量的作用达显著水平,其偏回归方程为:

$$Y_{1,4} = 655.80 - 0.08X_1 + 28.54X_4 - 14.83X_1^2 - 11.05X_4^2$$

$$Y_{1,5} = 655.80 - 0.08X_1 + 10.60X_5 - 14.83X_1^2 - 0.06X_5^2$$

$$Y_{4,5} = 655.80 - 28.54X_1 + 10.60X_5 - 11.05X_4^2 - 0.06X_5^2$$

说明在五个因素中播种量通过氮肥、钾肥的多少对产量起作用,而氮肥、钾肥互作对产量起的作用更大。

4 农艺优化方案

预期产 $600 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$ 的农艺优化方案是:秧田播种量为 $3.85 \sim 3.98 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$,秧龄为 $36 \sim 37 \text{ d}$,密度为 $3.32 \text{ 万} \sim 3.38 \text{ 万丛}/667 \text{ m}^2$,本田施纯氮量为 $13.54 \sim 14.11 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$,施纯钾量为 $8.79 \sim 9.41 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$,有效穗为 $29.5 \text{ 万}/667 \text{ m}^2$,每穗实粒数为 85 粒,千粒重 26 g。但在实际操作过程中,还要根据当地的生态条件和农民种稻水平,因地制宜地加以利用。

参考文献:

- [1] 菲诗松. 回归分析及其设计试验[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1981.
- [2] 戚昌瀚. 水稻高产模式[M]. 南昌: 江西科技出版社, 1986.
- [3] 许德海. 亚优 2 号单季亩产 650 kg 以上综合农艺数学模型及优化方案的研究[C]. 中国水稻所论文集, 1991.
- [4] 李学湛, 赵国臣. 盐碱地水稻高产栽培技术研究报告[J]. 吉林农业科学, 1993, 4.

Study on Comprehensive Agriculture Mathematics Model and Optimization Plan of Rice Production in Western Part of Jilin Province Salinized Soil

ZHAO Guo-chen, LI Ya-feng, GUO Xi-ming, et al.

(Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Gongzhuling 136100, China)

Abstract: According to the optimal simulate cooperation method, using several key agriculture factor of No. 1 Jiyou and high yield planting technology system in salinized soil, meanwhile utilizing 5 element 2 times regression orthogonal combination design method, introduce multi-factor and multi-level test and study, establish a comprehensive agriculture mathematics model and optimization plan which can produce rice $600 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$. This model give a method foundation on promoting rice high yield planting in salinized soil.

Key words: No. 1 Jiyou; Mathematics model; Optimization plan; Alkaline soil

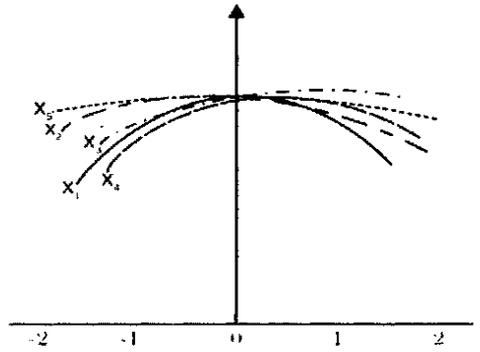


图 1 主因素与产量关系