

# 水稻育苗床土施肥的优化模型<sup>\*</sup>

张大克 王玉杰

(吉林农业大学)

**摘要** 本文通过对水稻秧苗质量评价标准的分析,根据非线性规划与区间估计理论,构造出水稻育苗床土施肥的优化模型及其计算方法

**关键词** 优化模型 合理施肥 水稻育苗床土

**中图分类号** S511.1062

水稻育苗床土的配制是水稻种植过程一个关键环节,尤其是育苗床土中肥料三要素的用量,更是至关重要,它直接关系到秧苗质量和水稻的最终产量,本文从秧苗质量的评价标准出发,根据非线性规划和区间估计理论,构造出确定水稻育苗床土肥料三要素最佳用量配方的数学模型,为定量分析水稻育苗床土中肥料三要素最佳用量配方提供了可行的计算方法。

## 1 问题的提出

对水稻秧苗质量进行评价时,一般主要考虑下面两个指标,一是秧苗的充实度,即秧苗全株生物量积累的多少;二是秧苗根冠比,即秧苗的地下部分与地上部分生物量积累是否符合恰当的比例关系,标准要求秧苗的地下部分与地上部分生物量之比应在 0.48~0.52 之间,由此可见高质量的水稻秧苗不仅要有足够的生物量积累,并且要有恰当的根冠比,这就对水稻育苗床土中肥料三要素的用量配方提出了更高的要求,要想育出高质量的水稻秧苗,床土中肥料三要素的用量配方不仅要使秧苗的全株生物量在育苗期内尽可能地多,并且要使秧苗的地下部分与地上部分生物量之比在 0.48~0.52 之间,在这样的双目标要求下,如何采用定量分析的手段建立数学模型,对床土中肥料三要素的最佳用量配方进行定量分析,最后确定出肥料三要素的最佳用量,是一个非常复杂的问题

## 2 数学模型的建立

2.1 首先采用 3 因素 5 水平最优回归设计 311-A 方案进行肥料三要素的田间肥效试验,获取各试验处理秧苗的地下部分和地上部分生物量积累实测数据

2.2 选用二次函数模型,运用多元回归分析的方法,分别以秧苗的地下部分和地上部分干物质重为因变量,以肥料三要素的施用量为自变量,建立肥料效应函数模型:

$$y_{\text{地下}} = A_0 + A_1x_1 + A_2x_2 + A_3x_3 + A_4x_1^2 + A_5x_2^2 + A_6x_3^2 + A_7x_1x_2 + A_8x_1x_3 + A_9x_2x_3 + \dots \quad (1)$$

$$y_{\text{地上}} = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + B_3x_3 + B_4x_1^2 + B_5x_2^2 + B_6x_3^2 + B_7x_1x_2 + B_8x_1x_3 + B_9x_2x_3 + \dots \quad (2)$$

其中  $y_{\text{地下}}$  - 秧苗地下部分干物重,  $y_{\text{地上}}$  - 秧苗地上部分干物质重,  $x_1$  - 氮素施用量,  $x_2$  - 五氧化二磷施用量,  $x_3$  - 氧化钾施用量

2.3 根据床土对肥料三要素用量配方的双目标要求,根据非线性规划理论,建立起确定床土肥料三要素最佳用量配方的优化模型:

\* 收稿日期 1998-12-14

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

$$\left[ \bar{x}_i - \frac{S}{n-1} t_{\alpha}(n-1), \bar{x}_i + \frac{S}{n-1} t_{\alpha}(n-1) \right] \quad (i=1, 2, 3),$$

该区间即为规划问题 (3) 中变量  $x_i$  满足约束条件的取值范围, 即其可行域

2.3.2 确定非线性规划问题 (3) 的最优解 设由 2.3.1 中确定的变量  $x_1, x_2, x_3$  满足约束条件的取值范围依次为  $[a'_1, a'_2]$   $[b'_1, b'_2]$   $[c'_1, c'_2]$ , 则规划问题 (3) 的最优解应非线性规划问题:

$$\max y = y_{\text{地下}} + y_{\text{地上}} = (A_0 + B_0) + (A_1 + B_1)x_1 + (A_2 + B_2)x_2 + (A_3 + B_3)x_3 + (A_4 + B_4)x_1^2 + (A_5 + B_5)x_2^2 + (A_6 + B_6)x_3^2 + (A_7 + B_7)x_1x_2 + (A_8 + B_8)x_1x_3 + (A_9 + B_9)x_2x_3 \cdots \cdots \cdots (4)$$

$$S^{\circ} \begin{cases} a'_1 \leq x_1 \leq a'_2 \\ b'_1 \leq x_2 \leq b'_2 \\ c'_1 \leq x_3 \leq c'_2 \end{cases}$$

的最优解

这是一个二次规划问题, 其最优解可按二次规划的求解方法去求得, 这时解法就比较简单了, 同时也可用与 2.3.1 完全相同的方法, 确定出规划问题 (4) 的最优解取值范围, 这时只要把 2.3.1 的①中变量  $x_1, x_2, x_3$  的取值约束区间由  $[a_1, a_2]$   $[b_1, b_2]$   $[c_1, c_2]$  依次改换为  $[a'_1, a'_2]$   $[b'_1, b'_2]$   $[c'_1, c'_2]$ , 把 2.3.1 的②中扫描的函数由  $y_{\text{地下}}/y_{\text{地上}}$  改换为  $y = y_{\text{地下}} + y_{\text{地上}}$ , 把扫描统计满足的约束条件  $0.48 \leq y_{\text{地下}}/y_{\text{地上}} \leq 0.52$  改换为  $y_1 \leq y = y_{\text{地下}} + y_{\text{地上}} \leq y_2$  ( $y_1$  和  $y_2$  依次为田间试验中秧苗全株干物质重最高实测值的 93% 和 103%, 此两数值也可由经验及秧苗质量标准需求来确定) 即可。

### 3 应用实例

根据 1993 年水稻育苗床土肥料三要素 311-A 方案设计的田间肥效试验结果, 建立肥料效应函数模型如下:

$$y_{\text{地下}} = 56.26 + 10.6606x_1 + 6.9216x_2 + 9.2590x_3 - 0.6968x_1^2 - 0.1896x_2^2 - 1.0200x_3^2 - 0.6586x_1x_2 - 0.0034x_1x_3 - 0.6887x_2x_3 \cdots \cdots \cdots (5)$$

$$y_{\text{地上}} = 111.5 + 21.4437x_1 + 13.9228x_2 + 18.6243x_3 - 1.4016x_1^2 - 0.3813x_2^2 - 2.0517x_3^2 - 1.3247x_1x_2 - 0.0068x_1x_3 - 1.3852x_2x_3 \cdots \cdots \cdots (6)$$

其中  $y_{\text{地下}}$  - 秧苗地下部分干物质重,  $y_{\text{地上}}$  - 秧苗地上部分干物质重,  $x_1$  - 氮素用量,  $x_2$  - 五氧化二磷用量,  $x_3$  - 氧化钾用量, 单位均是 g/盘。育苗盘规格 58cm × 28cm × 2cm, 盘口面积 0.16m<sup>2</sup>, 装土 3kg, 播种量种芽 125g/盘。试验设计上下限氮: 2~8g/盘、五氧化二磷: 3~12g/盘、氧化钾: 1~3g/盘。

根据 (5) 和 (6) 建立确定育苗床土肥料三要素最佳用量配方的优化模型:

$$\max y = y_{\text{地下}} + y_{\text{地上}} \\ S^{\circ} \begin{cases} 0.48 \leq y_{\text{地下}}/y_{\text{地上}} \leq 0.52 \cdots \cdots \cdots (7) \\ 2 \leq x_1 \leq 8, 3 \leq x_2 \leq 12, 1 \leq x_3 \leq 3 \end{cases}$$

规划问题 (7) 的最优解即为床土肥料三要素最佳用量配方。

运用本文给出的区间估计法将规划问题 (7) 转化为二次规划问题:

$$\max y = y_{\text{地下}} + y_{\text{地上}} \\ S^{\circ} \begin{cases} 3.5 \leq x_1 \leq 5.6, 5.9 \leq x_2 \leq 8.2, 1.3 \leq x_3 \leq 2.6 \cdots \cdots \cdots (8) \end{cases}$$

解问题 (8) 得其最优解为  $x_1 = 4.0991$ ,  $x_2 = 7.5026$ ,  $x_3 = 1.9992$  此最优解即为所要确定的育苗床土肥料三要素最佳用量配方, 可解释为当氮素 4.1g/盘、五氧化二磷 7.5g/盘、氧化钾

2g/盘时肥料三要素的用量最佳,此时秧苗全株生物量积累可达 339.64g/盘,地下部分生物量积累可达 113.33g/盘,地上部分生物量积累可达 226.31g/盘,地下与地上生物量之比为 0.5008,符合秧苗质量评价标准所要求的比例

参 考 文 献

1 运筹学试用教材编写组.运筹学.北京:清华大学出版社,1982,137~ 221

2 王铭文.概率论与数理统计.沈阳:辽宁人民出版社,1983,186~ 191,290~ 292,344~ 348

3 [德]H. A.艾赛特等.运筹学常用算法手册.北京:国防工业出版社,1984,254~ 275

4 丁希泉.农业应用回归设计.长春:吉林科学技术出版社,1986,188~ 213

5 张大克等.双层因子空间扫描寻优分析确定推荐施肥配方的数学方法.生物学报,1993,4 191~ 197

Optimization Model for Application of Fertilizer  
in Rice Seedling Bed Soil

Zhang Dake Wang Yujie

(Jilin Agricultural University, Changchun)

**Abstract** In this paper, the evaluation standards for quality of rice seedling were analyzed. According to the theory of nonlinear programming and interval estimation, an optimization model for application of fertilizer in rice seedling bed soil was suggested, and the operational method was given.

**Key words** Optimization model, Rational application of fertilizer, Rice seedling bed soil

“兴农”牌水稻壮秧营养剂在辽宁省  
首届育苗肥评比中再创佳绩

水稻育苗床土调制剂、壮秧营养剂在水稻生产上的应用,对促进水稻生产发展和增加农民收入起到了重要作用。但是,目前市场上应用的水稻育苗床土调制剂、壮秧营养剂种类繁多、良莠不齐,为了规范水稻育苗肥市场,为广大稻农负责。辽宁省土肥总站 1998年在全省开展“首届育苗床土调制剂、壮秧营养剂评比活动”,对辽宁省市场上应用的 24个育苗产品通过苗床代码试验、专家现场测评、本田跟踪试验和室内评审等程序,进行综合评审,最后推出名优产品,达到整顿市场、促进厂家、服务农民的目的。

此次评比活动是在辽宁省农业厅支持下,在辽宁省水稻主产区(盘锦市)碱性土壤上进行的,试验结果具有较强的说服力。整个试验过程是在 1998年 4月 19日播种,5月 16日进行秧苗素质调查,5月 17日进行专家评审,10月 6日小区实地测产。结果表明“兴农”牌水稻壮秧营养剂无论是秧苗素质、生育性状,还是产量性状都名列前茅。“兴农”牌水稻壮秧营养剂这一科技产品被辽宁省农业厅、辽宁省农业办公室、辽宁省农村调查研究中心、辽宁省供销社、辽宁日报社联合评为农民信得过的产品。

联系人 庄爱科 焦占力 咨询电话 (0451) 6668019 6682864