

# 低温下水稻的薄层干燥模型

李 栋 毛志怀 曹崇文

(中国农业大学机械工程学院)

**摘 要** 进行了低温下水稻的薄层干燥试验,建立了薄层干燥数学模型。试验结果表明,预测值与实测值一致性较好,所建数学模型可用于描述低温下水稻的薄层干燥。

**关键词** 水稻; 干燥; 模型

**分类号** S 226.600.1

## Study on Thin Layer Drying Model of Paddy in Low Temperature

Li Dong Mao Zhihui Cao Chongwen

(College of Machinery Engineering, CAU)

**Abstract** The method of thin layer drying experiment is described. Thin layer paddy drying experiments in low temperature were carried out on a test rig. Effect of different parameters on the drying rate of paddy is investigated and a thin layer drying model in low temperature for paddy has been developed.

**Key words** paddy; drying; model

为获取低温下水稻薄层干燥的技术数据,确定风温和相对湿度等参数对干燥速率的影响程度,笔者选择薄层干燥模型<sup>[1,2]</sup>,并进行了试验验证,以便模拟各种干燥机和干燥系统。

### 1 试验方法

采用四川省的籼稻,试验前人工加湿,含水率(湿基)22%。试验前对每个样品均用快速水分测定仪进行测定,要求含水率误差小于0.5%。物料盘容纳水稻谷粒240g,风温由温控仪自动控制,精度 $\pm 0.5$ 。试验开始后,每隔10min测一次样品质量,当含水率(湿基)小于15%时停止试验,每次试验取得的点数不少于15个。试验参数:初始含水率(湿基)22%;风温为15, 25, 30;对应热风相对湿度为26%, 14%, 12%;风速 $0.35\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [3]。

对以上参数进行单因素试验,用试验测得的质量求出水稻谷粒的含水率,再计算含水率之比 $\eta_t$ ,  $\eta_t = (w_t - w_e) / (w_0 - w_e)$ , %。其中 $w_t$ 为 $t$ 时刻稻谷含水率, $w_e$ 为稻谷平均含水率, $w_0$ 为稻谷初始含水率。

### 2 试验结果与分析

图1示出初始含水率(湿基)为22%、风速为 $0.35\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、风温 $\theta$ 分别为15, 25和30时, $\eta_t$ 与干燥时间 $t$ 的关系。可以看出风温 $\theta$ 对 $\eta_t$ 的影响较大。在一定风温下,随着 $t$ 的延长, $\eta_t$

收稿日期: 1999-09-17

李 栋,北京清华东路17号 中国农业大学(东校区)213信箱,100083

逐渐减小。在相同的干燥时间内,  $\theta$  越高,  $\eta_w$  越小。

### 3 薄层干燥的数学描述

由图 1 可以看出,  $\eta_w$  与干燥时间  $t$  呈指数关系, 故选择以下 2 种模型进行拟合, 式中  $k, N$  为因数。

$$\eta_w = \exp(-kt) \quad (1)$$

$$\eta_w = \exp(-kt^N) \quad (2)$$

为确定一种与试验结果相吻合的模型, 分别对方程(1)和(2)取对数, 得

$$\ln \eta_w = -kt \quad (3)$$

$$\ln(-\ln \eta_w) = N \ln t + \ln k \quad (4)$$

图 2 和图 3 分别示出根据试验数据得出的不同风温下  $\ln \eta_w$  与  $t$  及  $\ln(-\ln \eta_w)$  与  $\ln t$  的关系。可以看出,  $\ln \eta_w$  与  $t$  是曲线关系(图 2), 故舍弃方程(1);  $\ln(-\ln \eta_w)$  与  $\ln t$  是线性关系(图 3), 且可得以下方程:

$$\ln(-\ln \eta_w) = 0.4966541 \ln t - 3.0514541 \quad \theta = 30 \quad (5)$$

$$\ln(-\ln \eta_w) = 0.5001143 \ln t - 3.1880074 \quad \theta = 25 \quad (6)$$

$$\ln(-\ln \eta_w) = 0.5152709 \ln t - 3.3571034 \quad \theta = 15 \quad (7)$$

方程(5), (6)和(7)都满足方程(4)的形式, 故选择方程(2)作为低温下水稻的薄层干燥模型。

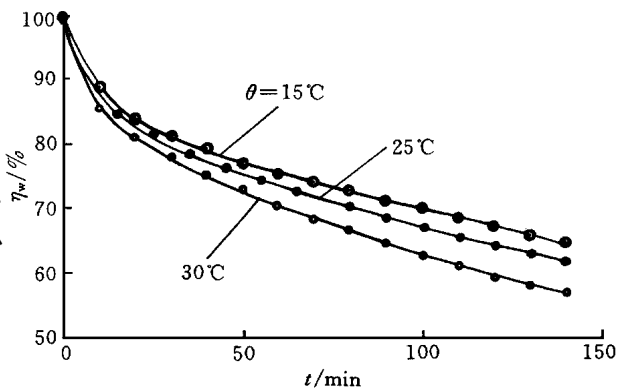


图 1 不同风温  $\theta$  下  $\eta_w$  与干燥时间  $t$  的关系

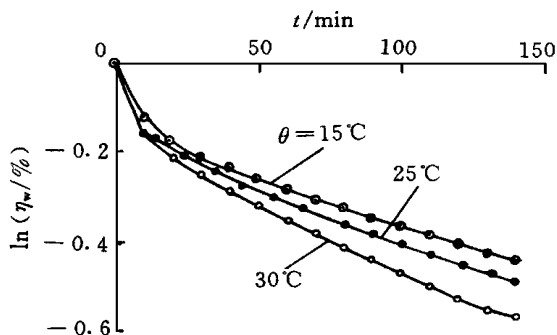


图 2 不同风温  $\theta$  下  $\ln \eta_w$  与干燥时间  $t$  的关系

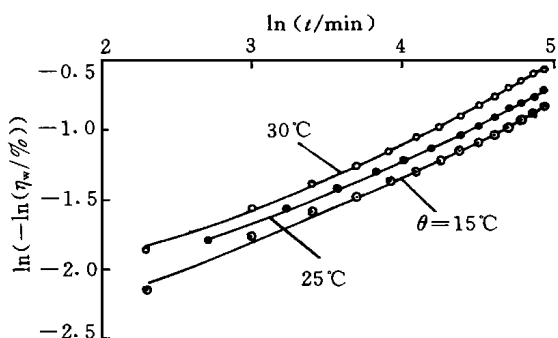


图 3 不同风温  $\theta$  下  $\ln(-\ln \eta_w)$  与  $\ln t$  的关系

由方程(5), (6)和(7)分别得出  $k$  和  $N$  与风温  $\theta$  和热风相对湿度  $H_r$  的关系(表 1)。根据表 1 中数据求得方程

$$k = 0.0140747 + 0.0065207H_r + 0.0010837\theta \quad (8)$$

$$N = 0.2978681 + 1.0848842H_r - 1.5090518H_r^2 + 0.0029754\theta \quad (9)$$

表 1  $k, N$  与风温  $\theta$  热风相对湿度  $H_r$  的关系

$\theta/$	$H_r/\%$	$k$	$N$
15	26	0.034 836 018	0.515 270 9
25	14	0.041 253 991	0.500 114 3
30	12	0.047 290 109	0.496 654 1

#### 4 模型方程的验证

当风速为  $0.35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 初始含水率(湿基)为 22%, 风温  $\theta$  为 20, 热风相对湿度  $H_r$  为 24% 时, 试验值与从方程 (2), (8) 和 (9) 得出的预测值的比较曲线见图 4。可以看出, 试验值与预测值的一致性较好, 最大相对偏差为 1.5%, 因此该方程及所选因数可用来描述低温下水稻的薄层干燥。

#### 5 结 论

- 1) 低温下水稻的薄层干燥可以用模型  $\eta = \exp(-kt^N)$  来描述;
- 2) 在一定风速下, 风温和热风相对湿度对低温下水稻薄层干燥的影响较大。

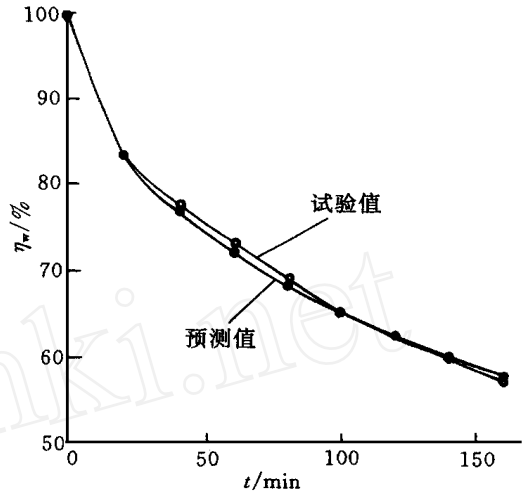


图 4 相同条件下试验值与预测值的比较

#### 参 考 文 献

- 1 毛志怀主编 农产品干燥机理、工艺与技术——曹崇文论文选编 北京: 中国农业大学出版社, 1998 177~184
- 2 俞微微 小麦薄层和深床干燥的试验研究: [学位论文] 北京: 中国农业大学(东校区), 1986
- 3 Zuritz C, Singh R P, Moini S M, et al Desorption isotherms of rough rice from 10 to 40 . Transactions of the A S A E, 1979, 22(2): 435