

国外太阳能谷物干燥

(一)

译文集

哈尔滨市粮食研究所情报资料室编

一九七九年十二月

5375-53

外

说 明

目前,世界上对太阳能利用的研究已形成一种趋势。在农业方面,用于谷物干燥方面的研究较多。我国近几年也有很多粮食部门进行了太阳能谷物干燥方面的研究。据报导,所走的路子各不相同,究竟怎样走,什么方式更适于我国的情况,是高温干燥好,还是低温干燥好,是聚焦式好,还是平板式好,这都需要我们做进一步的探讨。为了推动这项工作的迅速发展,了解国外发展动向,我们从美国一九七七和一九七八年两年的太阳能谷物干燥年会会议录中,选择了十八篇论文,分两次印出。这些论文基本反映了美国太阳能谷物干燥的研究和应用情况。我们希望对我国的粮食科学工作者有所帮助。

但由于资料收集较少,又由于我们水平有限,错误之处必多,切望广大粮食科研工作者和工人同志们提出宝贵意见。谨志。

编 者

一九七九年十二月

目 录

密苏里州利用太阳能在粮仓内干燥玉米的可能性的研究·····	(1)
供干燥谷物用的塑料薄膜太阳能收集器·····	(15)
用于低温谷物干燥的太阳能辅热泵·····	(32)
太阳能热泵低温谷物干燥·····	(38)
利用太阳能干燥谷物的贮热问题·····	(45)
加拿大西部的太阳能谷物干燥·····	(60)

密苏里州利用太阳能在粮仓内 干燥玉米的可能性的研究

摘 要

密苏里州通过模拟试验，研究了利用太阳能在粮仓内干燥玉米的可能性。主要研究结果如下：

- 1、在玉米处于同样的空气流动和最初水份含量值的情况下，利用太阳能干燥和利用低温（自然空气）干燥同样是行得通的。
- 2、利用太阳能干燥减少了风机的操作时间，但节省的能量是极少的。
- 3、利用太阳能干燥玉米节省的能量的多少，对于证明太阳能收集器的好坏是不充分的。

符 号 说 明

C——比热，英热单位/磅—F

f——薄层作用，磅/呎³—小时

g——空气流动速率，磅/小时—呎²

h——对流热交换系数，英热单位/小时、呎²、F

H——绝对湿度，磅/磅

hfg——汽化潜热，英热单位/磅

M——水份含量，干基（小数）

t——时间，小时

T——温度和空气温度，F

X——深度，呎

e——产物密度的干燥重量，磅/呎³

θ——产物温度，F

注 脚 符 号 说 明

a——空 气

p——产 物

v——水 蒸 汽

w——液 态 水

引言

对于人工干燥谷物来说,需要相当数量的能量。美国的中西部通常是利用矿物燃料,丙烷和天然气来进行谷物干燥的。由于这些能源一直在减少,所以需要利用新能源和不同的干燥方法来干燥谷物。太阳能就是一种自然低温干燥谷物的新能源。虽然太阳的散射性质妨碍了利用太阳能进行高温干燥,但是太阳能的低温干燥系统在技术上和经济上却好象很行得通。

进行此项研究的目的是试验在密苏里州是否可以利用太阳能在粮仓内干燥玉米,并在不同干燥条件下,发展预报谷物干燥作用的计算机模拟模型。这项方案的特殊目的包括:

- 1、发展并试验太阳能粮仓内干燥的模型。
- 2、研究 (a) 开始日期, (b) 收集器尺寸, (c) 收集器效率 (d) 空气流动, (e) 最初水份含量和 (f) 谷物深度对太阳能仓内干燥的影响。
- 3、进行太阳能干燥谷物和自然空气干燥谷物的对比。

太阳能仓内谷物干燥模拟

2.1 引言

大多数谷物干燥的太阳能应用是在一个月或一个月以上的时间内利用低流动速率的空气进行干燥的。我们之所以进行这项研究,是因为在每年秋季可以通过太阳能收集器收集到相对有限的能量。随着入口气流的减少,计算机程序的执行时间增加相当大,因此,MSU 固定床干燥机的模型不适于这样的应用。当模拟在 1 呎³/分/浦式尔条件下的 30 天贮藏时,利用这个模型大约需要 30 小时的计算机模拟时间。

新的模型在此描述了,完成同样的模拟大约需要3分钟并需要较少的计算机贮存。对于大多数变量进行二种方法的比较都精确到小数点后三位。求得的增加执行速率的基本固定床方程是改进的,并把新的解法技巧应用到解方程中去。

2.2 数学模型

描述粮仓内固定床干燥的加热和物质转移的主要方程是 (Brookr 等,1974) :

$$ga \frac{\partial}{\partial x} [CaT + HC_v (T - 212) + Hhfg] = ha (T - \theta) \quad (2.1)$$

$$\rho p \frac{\partial}{\partial t} [C_p \theta + MC_w (\theta - 212)] = ha (T - \theta) \quad (2.2)$$

$$ga \frac{\partial H}{\partial x} = -rm (T, H, M, t) \quad (2.3)$$

$$\rho p \frac{\partial M}{\partial t} = rm (T, H, M, t) \quad (2.4)$$

这些方程第一项明显的有限差分分解法要求 ΔX 与保持稳定的空气流动 (ga) 成比例地改变。在气流低时, ΔX 必须较小并相应地增加程序的执行时间。该作用的物理解释

是, 随着 ga 的减少, 空气和谷粒的温度趋于相等。

正如方程 (2.1) 和方程 (2.2) 右边项所表明的那样, 空气和谷粒之间的温度差为对流热转移提供了动力。温度差别的相对误差随着差别值的减少而增加。为了补偿误差损失, 在气流低时, 必须用 2 倍的精度进行每个温度的计算。

在利用太阳能干燥谷物的空气流动速率低时, 空气和谷粒之间的温度差别是不能测的。如果求得比较有效的太阳能干燥模型的话, 假定空气温度和谷物温度是相等的, 在单一温度变量项中就修改热和物质转移方程。于是, 就通过补充方程 (2.1) 和 (2.2) 以及用 T 代替 θ 来求出最后的方程:

$$ga \frac{\partial}{\partial x} [CaT + HCv(T - 212) + Hhfg] + \rho p \frac{\partial}{\partial t} [CpT + MCw(T - 212)] = 0 \quad (2.5)$$

通过重新整理和集中方程的项, 方程 (2.5) 能够以状态变量 T 、 H 和 M 的导数项写出方程 (2.6):

$$ga \frac{\partial T}{\partial x} (Ca + HCv) + ga \frac{\partial H}{\partial x} hfg + CvT - 212Cv + \rho p \frac{\partial \theta}{\partial t} (Cp + MCw) + \rho p \frac{\partial M}{\partial t} Cw (\theta - 212) = 0 \quad (2.6)$$

在 $\frac{\partial H}{\partial x}$ 项中, 用 $\frac{\partial M}{\partial t}$ 能够化简方程 (2.6)。通过合并方程 (2.3) 和 (2.4) 并代入方程 (2.6) 中, 能够求出在低气流时利用太阳能进行仓内干燥的下列方程:

$$\rho p (Cp + MCw) \frac{\partial T}{\partial t} + ga (Ca + HCv) \frac{\partial T}{\partial x} + ga [(Cw - Cv)(212 - T) + hfg] \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad (2.7)$$

$$\rho p \frac{\partial M}{\partial t} + ga \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad (2.8)$$

$$\rho d \frac{\partial M}{\partial t} = r_m (T, H, M, t) \quad (2.9)$$

2.3 模拟冷凝作用

方程 (2.7) 一方程 (2.9) 不包括模拟冷凝和回湿作用。因为系统中任何水都是以空气湿度 (H) 或谷粒中的水份含量 (M) 而存在的, 所以需要精确地模拟冷凝, 描述回湿和再干燥的方程。新变量 W 能够对计算任何谷粒中冷凝水系统进行补充。Lerew 和 Bakker—Arkema (1976) 成功地应用了这一研究去模拟冷凝作用。

在这里, 模型通过化简技巧被发展了。化简中把冷凝水归到谷类的水份含量之中。在缺乏能够模拟回湿和再干燥的薄层方程时, 这项探讨看来是最合理的。

如果在解固定方程时相对湿度超过 100% 的话, 必须调节 H 以得到合理的相对湿度。 H 值的任何变化都影响系统的物质和能量平衡并需要重新求出 T 和 M 。为了满足方

程 (2.7) — (2.9), 需要由方程(2.5)开始, 按照不变的热函曲线来计算 T、H 和 M 值。

结 果

3.1 输出格式

在特定的干燥时间内, 打印出不同粮仓深度中的水份含量(干基和湿基, %), 湿度(绝对相对湿度, 小数), 空气—谷粒温度($^{\circ}\text{F}$), 玉米的平衡水份含量(干基, %)和干物质损失(%). 另外, 还打印出周围空气温度($^{\circ}\text{F}$), 日照率(英热单位/呎²、小时), 平均干基和湿基水份含量(%), 干燥开始后的总幅射(英热单位), 平均干物质损失(%)和水份蒸发的总量(磅)。

3.2 所要求的天气数据

为模拟太阳能仓内干燥模型, 输入平均的天气数据有二个优点: (1) 节省计算时间, (2) 对不同地区的天气数据有较大的利用率。如果不同时期天气参数的平均值充分地表达了太阳热幅射的循环作用的话, 在这一研究部份中就提出了方程。把1、6、12和24小时天气参数的平均值作为密苏里州10年天气的输入值。

对于太阳能仓内干燥模拟的有关平均天气数据研究的主要结果是:

1、 由于在24小时内, 天气数据是平均的, 因此对于水份含量和干物质损失模拟结果的绝对误差是小的;

2、 利用平均天气数据时, 由于干球温度, 露点温和太阳幅射对干燥过程的非直线影响, 对水份和干物质的损失是略微低估的;

3、 对于太阳能干燥的模拟来说, 推荐利用每小时的天气输入数据或12小时的平均值。

3.3 模 拟

为了有效地研究利用太阳能对进行仓内干燥的影响, 对于每个干燥的输入条件选择任意的标准。表1中列出了选择条件。一直到粮仓中的量大水份含量达到15.5% w.b之前, 模拟是不间断的。如果1月1日粮仓内的最低温度低于28 $^{\circ}\text{F}$ 的话, 太阳能的干燥过程就中断, 到了3月1日再进行太阳能干燥。在模拟时, 假定风机把空气温度增加2 $^{\circ}\text{F}$ 。

表2 中列出了模拟的水份含量平均值, 12呎范围内的干物质损失平均值, 每平方英尺收集器上的太阳能总幅射和靠近粮仓顶部水份达到15.5%所需的时间。

表2 中的数值说明, 太阳能仓内干燥系统成功地干燥了10年中8年的玉米。这样, 成功概率为0.8。仅在1949年和1959年玉米发了霉(DM12大于0.5)。

3.4 开始日期的影响

利用太阳能粮仓内干燥玉米过程的开始日期大大地影响着干燥的结果。表3指出, 较晚的开始日期通常改善了成功概率。随着干燥日期的推移, 干物质损失大大降低, 对于所需的干燥过程来说, 没有经历较长的时间。对温度有很大影响的干物质分解(以及发霉)速率说明了这个现象。因为在早期干燥时, 周围空气温度是比较高的, 所以玉米的发霉是比较快的, 超过了较快的干燥速率。

3.5 收集器的尺寸和效率的影响

在表4、表5和图1、图2、图3中说明了收集器的尺寸和效率的影响。从提供的

数据明显看出,干燥速率是随着收集器的尺寸和效率的增加而增加的。在研究收集器尺寸和效率的范围内,玉米干物质损失的差别相对来说是小的(图3)。但是,具有较高效率的较大的收集器能够导致筒少风机的操作。

在评定收集器的尺寸和效率的影响时,排出了二倍的收集器尺寸等于二倍的收集器效率的看法。在评定该报告的图表中介绍的结果时,要考虑到这一点。

3.6 玉米的最初水份含量的影响

表6指出,玉米的最初水份含量是太阳能粮仓内干燥能够成功的重要参数,在中秋时,玉米最初的水份含量能够不高于22%。在好年景时,最初水份含量为26%的玉米也能够利用太阳能干燥。在多雨和多云的秋季,只要空气流动速率在2.0—2.5呎³/分/浦式尔范围内的话,太阳能干燥系统可干燥的玉米最大水份含量约为20—21%。最大水份含量局限在略高于20%,意味着美国中西部目前收获的许多玉米都需要进行高温干燥或较高温度的气流干燥。或在低温的太阳能干燥、自然空气干燥后接着进行局部的高温干燥。

3.7 粮仓深度的影响

表7说明了粮仓深度对粮仓干燥作用的影响。表中的数据说明,只要每单位谷粒体积的空气流动速率和收集器尺寸不变的话,干燥作用是不受粮仓深度影响的。因此,只要在设计时空气流动速率和收集器尺寸是以每浦式尔为基础的,那么,由10呎深粮仓取得的结果对16呎单位深度同样也是有效的。

3.8 空气流动的影响

在太阳能仓内谷物干燥中,空气流动是关键参数。表8根据六种空气流动说明了这个情况,空气流动速率高时,干燥速率是比较高的,干物质损失也比低气流时少。

对于密苏里州的太阳能仓内干燥和非太阳能干燥(自然空气干燥)系统的空气流动速率,最低应是2.0呎³/分浦式尔,最好是2.5呎³/分/浦式尔。从而可保证谷粒质量最低限度地降低。

3.9 太阳能的影响

表9中记录的是哥伦比亚、密苏里州在不同干燥开始时间里,太阳能仓内干燥与非太阳能仓内干燥玉米之间的比较。图4和图5描述了这两种情况下的干物质损失。

表9中的数据表明,虽然太阳能干燥减少了干燥时间,但是干物质损失(以及霉病发生率)没有因为对玉米粮仓增加太阳能收集器而明显地降低。换言之,没有利用太阳能的低温干燥同利用太阳能的干燥一样是有效的。非太阳能干燥(低温)需要较长时间,因而对于干燥风机的操作来说还需要较多的电能。但是其节省的英热单位/浦式尔是小的,尤其是处于较晚的开始日期情况下就更小。

概 要

对于模拟太阳能仓内谷物干燥,介绍了非平衡模型。利用模型根据哥伦比亚,兰率(在有限程度上)和密苏里州的天气数据预报了脱粒玉米的干燥和速率干物质损失。研究了天气数据的平均值。干燥的开始日期,收集器的尺寸和效率,空气流动,玉米最初水份含量和干燥床深度对太阳能仓内谷物干燥操作的影响。另外,还把太阳能仓内谷物干

干燥系统同等效的自然空气干燥系统作了比较。

得出如下结果：

1、密苏里州的太阳能仓内谷物干燥充份地予报了脱粒玉米的太阳能和自然空气干燥的结果。

2、虽然推荐1小时或12小时的平均值，但是利用24小时的天气条件数据的平均值作为太阳能模型的输入参数还是切实可行的。

3、由于变化的天气条件造成了年与年之间太阳能粮仓内玉米干燥的速率有很大不同，因此，年与年之间的最佳设计要求将是不同的。

4、当太阳能仓内干燥始于晚秋时，太阳能干燥具有较好的成功概率。

5、只要空气流动不超过2.0—2.5呎³/分/浦式尔的范围，本干燥系统所干燥玉米的最初安全水份的最大值不超过21%。

6、空气流动速率是粮仓内太阳能干燥成功设计的最关键参数。其正确的值依赖于最初水份含量，理想的天气条件和收集器的设计。对于空气流动速率来说，如果用最初水份含量为21的玉米，那么空气流动速率最小应为2.0呎³/分/浦式尔，最好还是2.5呎³/分/浦式尔。

7、具有较高效率的较大型收集器减少了风机的操作时间，但未必能减少干物质损失或霉病的发生。

8、如果太阳能仓内谷物干燥系统的设计是基于以每浦式尔玉米的空气流动速率和每浦式尔玉米的收集器尺寸的话，那么粮仓内玉米的深度是不重要的。

9、粮仓内太阳能干燥与自然空气干燥不同，它常常会出现底层玉米过份干燥的情况。

10、太阳能粮仓内干燥玉米的质量和自然空气干燥玉米的质量是相似的。由于减少了风机操作，太阳能干燥所需的能量减少了，但节省的能量不足以证明太阳能收集器的好坏。

表1 模拟太阳能仓内干燥玉米的标准干燥条件

最初水份含量	22.0%
空气流动速率	2.0呎 ³ /分/浦式尔
粮仓深度	12呎
收集器面积	0.7呎 ² /浦式尔
收集器效率	40.0%
开始干燥时间	10月1日
天气参数输入	每小时
地点	哥伦比亚，密苏里州
太阳常数	19.9

*太阳常数 (SC) 定义为下列关系式 (Thompson, 1976)：

$$SC = \frac{(\text{收集器面积, 呎}^2) (\text{收集器效率, \%})}{(\text{空气流动, 呎}^3/\text{分/浦式尔}) (0.703)}$$

表2 哥伦比亚不同年代的太阳能仓内干燥玉米的比较 干燥条件见表1

年 代	Rad×10 ⁵ 英热单位/呎 ²	Time 小 时	MCav %	DMav %	DM12 %
1946	1.16	276	12.3	0.08	0.18
1947	1.32	312	12.6	0.14	0.32
1948	1.55	420	13.3	0.10	0.18
1949	1.42	411	12.9	0.29	0.58
1950	1.42	377	14.1	0.16	0.27
1951	1.39	360	12.9	0.20	0.34
1952	1.28	276	11.8	0.05	0.08
1953	1.31	300	12.4	0.09	0.18
1954	1.50	456	12.3	0.27	0.54
1955	1.56	456	12.2	0.19	0.34

注：Rad—在表中所列的时间内接收的辐射量。

Time—开始干燥后的时间；粮仓内平均水份含量降低到15.0%以下，粮仓顶部玉米的水份含量降低到15.5%。

MCav—粮仓内平均水份含量。

DMav—粮仓内的平均干物质损失。

DM12—粮仓顶部的干物质损失。

哥伦比亚和密苏里州开始干燥日期不同的粮仓干燥玉米的比较。干燥条件表 1
表 3

开 始 干 燥 日 期	Rad×10 ⁵ 英热单位/呎 ²	Time 小 时	MCav %	DMav %	DM12 %
1949					
9月1日	1.80	449	13.9	0.22	0.43
9月15日	1.63	341	12.7	0.20	0.34
10月15日	0.42	647	13.9	0.14	0.24
1951					
9月1日	1.49	388	13.1	0.33	0.64
9月15日	1.57	324	12.9	0.15	0.30
10月15日	1.33	574	14.0	0.12	0.20
1952					
9月1日	1.43	270	12.1	0.16	0.36
9月15日	1.44	287	11.9	0.13	0.24
10月15日	1.27	287	11.1	0.04	0.07

哥伦比亚和密苏里州收集器尺寸不同的粮仓干燥玉米的比较。干燥条件见表 1

收集器	Rad × 10 ⁵	Time	MCav	DMav	DM12
呎/浦式尔	英热单位/呎 ²	小 时	%	%	%
0.18	0.38(1949)	712	14.8	0.62	0.89
	0.46(1951)	504	13.9	0.23	0.39
0.35	0.77(1949)	588	14.9	0.34	0.61
	0.81(1951)	432	13.9	0.22	0.37
0.70	1.42(1949)	411	12.9	0.29	0.58
	1.39(1951)	360	12.9	0.20	0.34

哥伦比亚和密苏里州太阳能收集器效率不同的仓内干燥玉米的比较。干燥条件见表 1

收集器	Rad × 10 ⁵	Time	MCav	DMav	DM12
效 率	英热单位/呎 ²	小 时	%	%	%
0.40	0.42(1949)	411	12.9	0.29	0.58
	1.39(1951)	360	12.9	0.20	0.34
0.60	1.21(1949)	358	12.4	0.27	0.56
	1.22(1951)	309	12.0	0.20	0.34
0.80	1.02(1949)	312	11.9	0.25	0.55
	1.00(1951)	270	12.2	0.20	0.34

哥伦比亚和密苏里州最初水份含量不同干燥玉米的比较。干燥条件见表 1

最初水份含量	Rad × 10 ⁵	Tad	MCav	DMav	DM12
%湿基	英热单位/呎 ²	小 时	%	%	%
26.0	1.86(1949)	612	14.9	1.15	2.66
	1.88(1951)	520	13.2	0.63	1.38
	1.77(1952)	405	11.8	0.14	0.24
24.0	1.55(1949)	492	14.5	0.55	1.13
	1.59(1951)	419	13.3	0.35	0.65
22.0	1.44(1951)	329	11.7	0.09	0.14
	1.41(1949)	411	12.9	0.29	0.58

20.0	1.39(1951)	360	12.9	0.20	0.34
	1.28(1952)	276	11.8	0.05	0.08
	1.13(1949)	338	13.1	0.15	0.29
	1.11(1951)	292	13.1	0.11	0.19
	1.00(1952)	216	11.9	0.03	0.04

哥伦比亚和密苏里州粮仓深度不同的干燥王米的比较。干燥条件见表 1

表 7

床 深 呎	Rad $\times 10^5$ 英热单位/呎 ²	Time 小 时	MCav %	DMav %	DM12 %
10.0	1.19(1949)	409	13.0	0.29	0.57
	1.18(1951)	356	12.9	0.20	5.35
	1.02(1952)	269	11.9	0.05	0.08
12.0	1.42(1949)	411	12.9	0.29	0.58
	1.39(1951)	360	12.9	0.20	0.34
	1.28(1952)	276	11.8	0.05	0.08
14.0	1.66(1949)	411	12.8	0.29	0.58
	1.64(1951)	358	12.7	0.20	0.35
	1.49(1952)	275	11.7	0.05	0.08
16.0	1.90(1949)	410	12.8	0.30	0.58
	1.88(1951)	356	12.7	0.20	0.35
	1.64(1952)	276	11.7	0.05	0.08

哥伦比亚和密苏里州1951年进行的不同空气流动速率的太阳能干燥玉米和非太阳能干燥王米的比较。干燥条件见表 1 (太阳能收集器=0.175呎²/浦式尔)

表 8

空气流动速率 呎 ² /分浦式尔	Rad $\times 10^5$ 英热单位/呎 ²	Time 小 时	MCav %	DMav %	DM12 %
0.5	1.13	1848	13.5	0.74	1.49
	N.S	2873	15.1	0.77	1.39
1.0	0.74	1320	14.7	0.39	0.72
	N.S	666	14.9	0.42	0.74
2.0	0.56	1032	14.7	0.29	0.51
	N.S	780	15.1	0.30	0.53
1.5	0.46	504	13.9	0.23	0.39

空气流动速率 呎分/浦式尔	Rad×10 ⁵ 英热单位/呎 ²	Time 小 时	MCav %	DMav %	DM12 %
2.5	N.S	588	14.8	0.24	0.40
	0.39	413	14.1	0.20	0.33
3.0	N.S	456	14.5	0.20	0.33
	0.35	359	14.0	0.17	0.28
	N.S	395	14.2	0.18	0.29

哥伦比亚和密苏里州开始干燥日期不同的太阳能干燥和非太阳能干燥(N、S)的比较干燥条件见表 1

表 9

开始干燥 日 期	Rad×10 ⁵ 英热单位/呎 ²	Time 小 时	MCav %	DMav %	DM12 %
9月1日	N、S(1949)	1252	14.9	0.47	0.49
	1.80(1949)	449	13.9	0.22	0.43
	N、S(1951)	815	13.9	0.48	0.85
	1.49(1951)	388	13.1	0.33	0.64
	N、S(1952)	435	13.8	0.24	0.53
	1.43(1952)	270	12.1	0.16	0.36
9月15日	N、S(1949)	1198	14.9	0.32	0.48
	1.63(1949)	341	12.7	0.20	0.34
	N、S(1951)	687	14.0	0.23	0.46
	1.57(1951)	324	12.9	0.15	0.30
	N、S(1952)	408	12.6	0.15	0.26
	1.44(1952)	287	11.9	0.13	0.24
10月1日	N、S(1949)	698	14.8	0.38	0.63
	1.42(1949)	411	12.9	0.29	0.58
	N、S(1951)	588	14.8	0.24	0.40
	1.39(1951)	360	12.9	0.20	0.34
	N、S(1952)	386	13.0	0.05	0.07
	1.28(1952)	276	11.8	0.05	0.08
10月15日	N、S(1949)	768	14.0	0.16	0.25
	0.42(1949)	647	13.9	0.14	0.24
	N、S(1951)	792	14.7	0.14	0.21
	1.33(1951)	574	14.0	0.12	0.20
	N、S(1952)	380	11.9	0.03	0.06
	1.27(1952)	287	11.1	0.04	0.07

开始干燥 日 期	Rad × 10 ⁵ 英热单位/呎 ²	Time 小 时	MC _{av} %	DM _{av} %	DM12 %
11月 1 日	N、S(1949)	696	13.9	0.08	0.15
	—	—	—	—	—
	N、S(1951)	887	14.0	0.06	0.11
	1.44(1951)	664	13.9	0.05	0.10
	N、S(1952)	475	13.8	0.05	0.09
	1.05(1952)	372	13.1	0.05	0.08

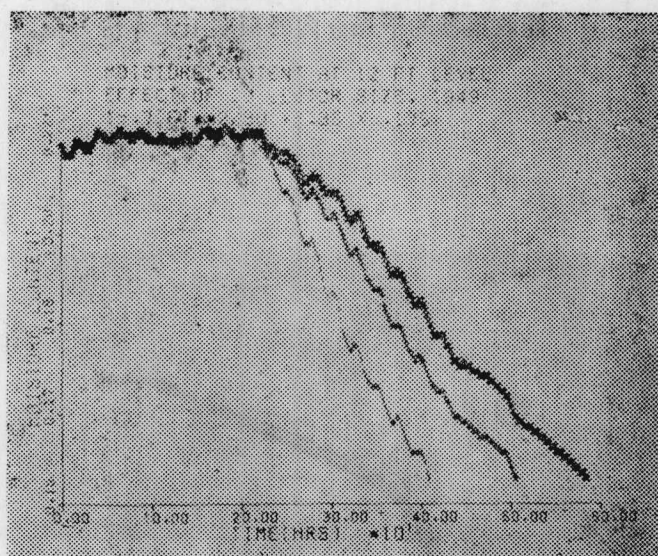


图1. 在标准气候条件下, 具有六种不同尺寸的太阳能收集器的干燥仓内的玉米平均水份含量。

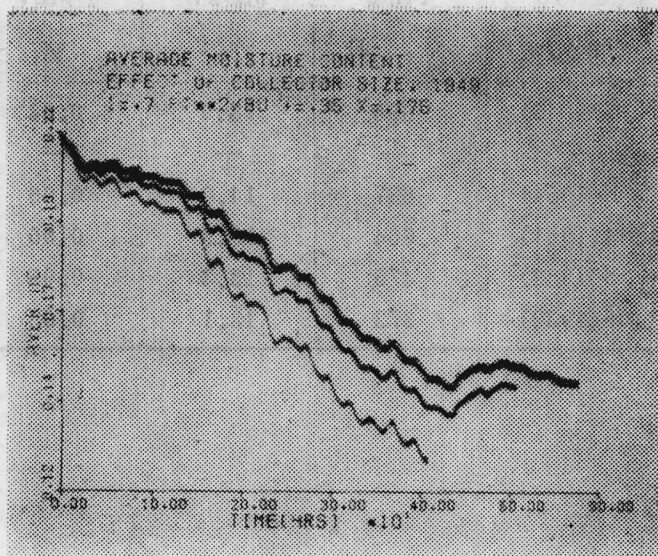


图2. 在标准气候条件下, 具有三种不同尺寸太阳能收集器的干燥仓内的顶层玉米水份含量。

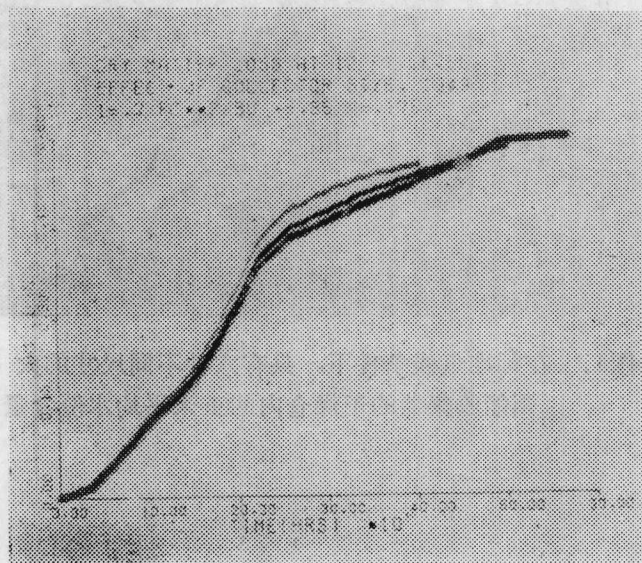


图3. 在标准气候条件下, 三种不同尺寸太阳能收集器的仓顶层玉米干物质损失。

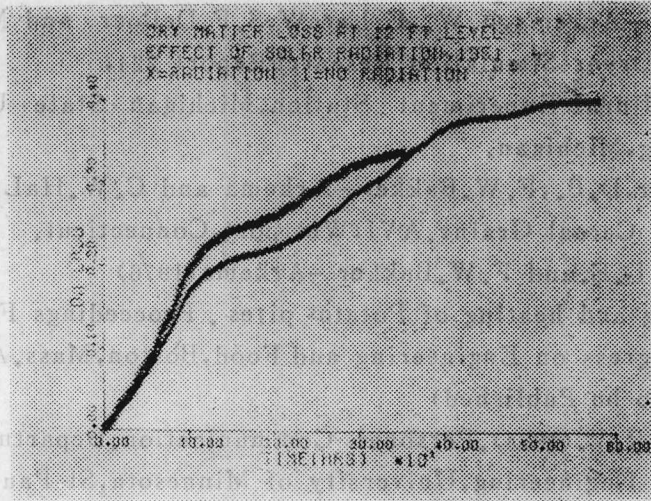


图4. 1951年太阳能粮仓内干燥和非太阳能（自然空气）粮仓内干燥的顶层玉米的干物质损失。

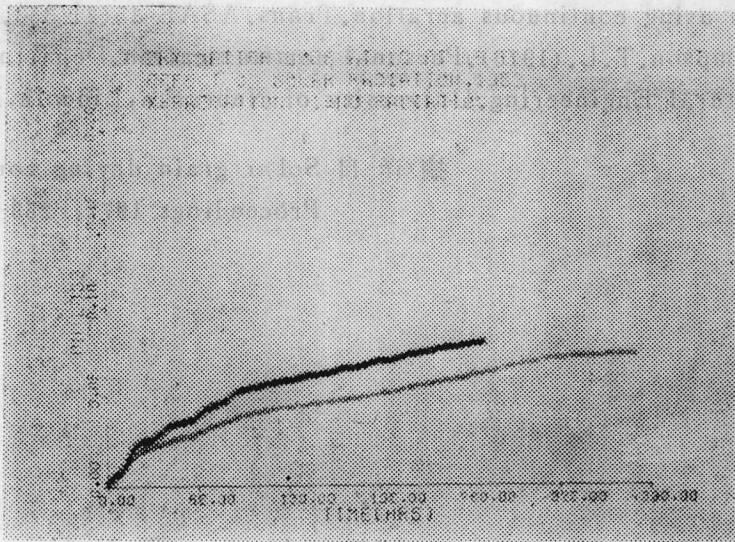


图5. 1952年太阳能粮仓内干燥和非太阳能（自然空气）粮仓内干燥的顶层玉米的干物质损失。

参 考 文 献

1. Bakker—Arkema, F.W., E. LereW, S.F. DeBoer and M.G. Roth (1974) Grain Dryer Simulation. Research Report 224, Agricultural Experiment Station, Michigan State University, East Lansing, Michigan.
2. Brooker, D.B., F.W. Bakker—Arkema and C.W. Hall (1974) Drying Cereal Grains. AVI, Westport, Connecticut.
3. Lerew, L.E. and F.W. Bakker—Arkema (1976) Cooling and heating of Potatoes piles. Proceedings First International Congress on Engineering and Food, Boston, Mass. August 9—13, 1976. (to be Published)
4. Morey, R.V. (1974). Personal Communication. Department of Agricultural Engineering, University of Minnesota, St Paul, Minn
5. Morey, R.V. (1975). Personal communication. Department of Agricultural Engineering, University of Minnesota, St. Paul, Minn
6. Steele, J.L., R.A. Sand W.V. Hukill (1969) Deterioration of shelled corn as measured by carbon dioxide-Production. Trans, ASAE 12(5) 685.
7. Thompson, T.L. (1972). Temporary Storage of high moisture shelled corn using continuous aeration. Trans. ASAE 15(2) 333.
8. Thompson, T.L. (1976). Personal communication. Department of Agricultural Engineering, University of Nebraska, Lincoln, Neb.

摘 译 自 Solar grain drying conference
Proceedings 1977, P259—269