

# 种子气流烘干初步探讨

邱玉林

(黑龙江省种子分公司合江分公司)

## 一、种子干燥原理

近三十年来许多国家对谷物干燥原理进行研究,提出些假设。多数认为:谷物中的水蒸汽的分压力与干燥介质中水蒸汽的分压力之差是谷物干燥的推动力。

含有水分的谷物在一定的温度下,其表面总有一定的蒸汽压力。压力的大小主要取决于物料本身的性质及其水分含量。据资料介绍温度为 $30^{\circ}\text{C}$ ,水分含量为16%的小麦,它表面上的蒸汽压力为23毫米汞柱。若使谷物和一定状态的空气接触,设空气中的水蒸汽分压为 $P_a$ ,谷物表面的水蒸汽分压力为

$P_s$ ,则 $P_s < P_a$ 时,谷物表面的蒸汽将向周围空气中扩散,于是谷物水分下降, $P_s$ 也随之降低。反之,如果 $P_s > P_a$ ,谷物将从周围空气中吸取水蒸汽,水分增加, $P_s$ 也随之增大。不论是那一种情况,经过一段时间,谷物表面水蒸汽的分压力 $P_s$ 和空气中的水蒸汽分压力 $P_a$ 要趋向平衡,最后达到相等即 $P_s = P_a$ 。这时谷物不再吸收或放出水分,它们之间在形成动平衡状态下,谷物的含水量叫谷物的平衡含水量,显然空气介质的温度、相对湿度发生变化,谷物与之相应的平衡含水量也将发生变化(如表1)。

由1表可知在一定的温度下,各谷物的

表1 空气介质在一定的温、湿度下谷物的平衡含水量

作物	空气介质温度 $^{\circ}\text{C}$	平衡含水量							
		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
玉 米	15	8.5	9.7	10.9	12.10	13.30	15.10	17.0	19.4
	10	8.8	10	11.1	12.25	13.5	15.4	17.2	19.3
	5	9.0	10.3	11.4	12.5	13.6	15.5	17.4	19.35
	0	9.43	10.54	11.58	12.70	13.83	15.58	17.30	20.10

平衡水分 $w$ 是空气相对湿度 $\rho$ 的函数。即 $w = f(\rho)$ 。另外,在一定的湿度下随谷物温度的增高。谷物的平衡水分也随之下落。也就是谷物中的水蒸汽向外逸出能力就增大。

种子干燥就是根据种子平衡水分原理。将种子放在相对湿度低的空气中,使种子放出水分而干燥。但在常温下种子放出水分的速度很慢,因此,要使种子和空气温度提高,以加速种子中水分的蒸发,在气流烘干装置中,是用加热空气作为载热体,供给种

子升温及水分蒸发所需热量,并将蒸发出的水分带走,即加热空气兼具载热体和载湿体的作用。

在气流烘干中,谷物中水分的蒸发速度与热气流的速度、相对湿度、气流的流速、谷层的厚度和被干燥谷物的状态等诸因素有关。

空气的温度与气流的干燥能力有很大影响。热空气干燥种子,一方面能使种子表面的水蒸汽分压力增大,从而加速了谷物内部

的水分蒸发,另一方面,对干燥介质加热升温后,虽然空气的含湿量不变。但降低了干燥介质的相对湿度,增大了它吸收水蒸汽的

能力(见表2),从而加速了谷物干燥速度。

干燥介质的相对湿度和流速也对干燥能

表2 空气在不同温度下含水能力

温 度	4.5℃	10.0℃	15.5℃	26.6℃	30.0℃
公斤水分/公斤干燥空气	0.0052	0.0074	0.0109	0.0222	0.0274

力有很大影响。介质的湿度增大则空气的水蒸汽分压力增大,从而相对于谷料表面水蒸汽分压差就减小,谷物表面水分的蒸发速度就变慢。因而,在一定温度下,加速气流通过谷层的速度,使谷物表面蒸发的水蒸汽及时带走,从而降低了空气的相对湿度,即降低了空气水分的分压力,增大了与谷物表面间水蒸汽的压力差,从而提高了干燥速度。

燃煤量: 60kg/小时

### 三、种子干燥温度、种子干燥速度、种子生命力之间的关系

为了搞清我区建设的简易籽粒堆积式烘干室的性能,种子烘干的主要参数,于1980年组织了测试。富锦县种子公司对种子的干燥速度进行了测试。其结果是不同作物的种子和同一作物不同品种的种子在相同条件下干燥速度均不相同;同时富锦县公司也对烘干温度与种子干燥速度进行了测试,其测试结果是由于温度的不同,种子干燥速度也不相同;勃利县公司对堆积种子层厚度与种子干燥速度进行了测试,由于种子是受单向自下而上的热气流的作用下,其结果是种子在散堆中所处的高度位置不同,种子的干燥速度不同;宝清、佳木斯、依兰、勃利、富锦等市县同时对种子气流干燥降低含水量与种子生命力之间的关系和烘干温度与种子生命力之间的关系进行了大量的实验,从大量的实验数据中分析出保证种子生命力,提高种子生命力以及损害种子生命力的种子干燥,一次烘干种子原始含水量究竟多少的界限,一次究竟降低多少含水量的界限、烘干温度界限。

#### 1. 种子干燥降水速度

不同作物种子或相同作物不同品种的种子在相同的温度下进行干燥,种子的干燥速度是不同的。实验表明,在40℃的情况下,

## 二、烘干室结构与技术规格

### 1. 结构

烘干室的气流方向是单向自下而上吹风。基本分为:风机室、烘干室两部。具体分:炉灶、沉灰室、冷热风管道、风机、风室、种床、烘干仓等七部分(工作示意图略)。

### 2. 技术规格

①种床容积: 42.4m<sup>3</sup> (长5.30m×宽4.70m×高1.71m)

②容量: 4万斤左右。

③风机型号:

离心式B4-72-11/V08C。

流量: 22100m<sup>3</sup>/h

全压: 194kg/m<sup>2</sup>

④电机: 17KW

⑤炉灶: 以无烟煤为燃料。

体积: 2.38m<sup>3</sup> (长1.0m×宽1.4m×高1.7m)

容积: 0.76m<sup>3</sup> (长0.3m×宽1.05m×高0.90m)

炉栅面积: 0.84m<sup>2</sup>

炉栅通风面积: 0.17m<sup>2</sup>

玉米种子合玉十二号干燥速度快。从原始含水量 22.5% 经过 6 小时降到 13.6%。含水量降低 8.9%，平均每小时含水量降低 1.48%，次之是甸骨 11A × 意牛。从原始含水量 22.9% 经 6 小时降到 14.8%，含水量降低 8.1%，平均每小时含水量降低 1.35%；水稻合江十四号干燥速度为第三，从原始含水量 22.3% 经过 6 小时降到 15.2%，含水量降低 7.1%。平均每小时含水量降低 1.28%。这三个品种的平均干燥速度每小时降水为 1.37%。种子含水量在烘干开始时迅速下降，然后渐趋缓慢，当种子含水量和空气接近平衡时，或种子含水量越低时，干燥极为迟缓。烘干开始的两小时内合玉 12 号干燥速度快，平均每小时含水量降低 2.5%，甸骨 11A × 意牛次之，平均每小时含水量降低 2.3%，第三是水稻合江 14 号，平均每小时含水量降低 2.15%，三个品种平均每小时降水 2.32%；烘干进程中的第二至第四小时，此三个品种平均每小时降水 1.20%，第四至第六小时此三个品种平均每小时降水 0.63%（见图 1）。

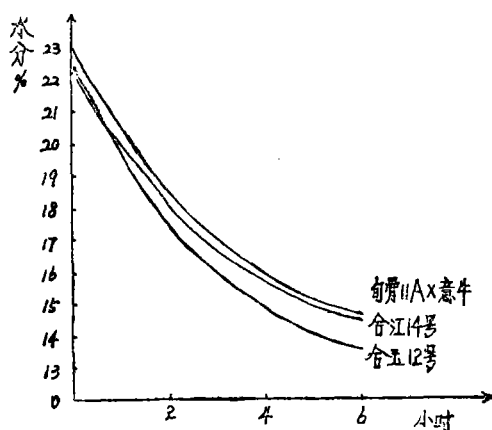


图 1 水稻、玉米种子 40℃ 时干燥曲线

## 2. 烘干温度与种子干燥速度的关系

相同品种的作物种子，在不同的烘干温度条件下进行干燥，种子干燥速度是不同的。温度愈高时，种子表面水蒸汽分压力亦大，从而加速了种子内部水分蒸发，另一方面，虽然空气的含湿量不变，但降低了空气的相对湿度，增大了它吸收水蒸汽的能力，

再者，降低了谷物的平衡含水量，从而使种子干燥速度愈快。实验表明，合玉十二号在 40℃ 条件下平均每小时降低含水量 1.48% 比在 37℃ 时平均每小时降低含水量的 1.38% 多 0.10%，每小时平均温度每差一度降低含水量差 0.03%；甸骨 11A × 意牛在 40℃ 条件下平均每小时降低含水量 1.35%，比在 37℃ 下的 1.28% 多降低 0.07%，每小时平均温度每差一度降低含水量差 0.02%；水稻合江十四号在 40℃ 条件下平均每小时降低含水量 1.28% 比在 37℃ 下的 1.23% 多降低 0.05%，每小时平均温度每差一度降低含水量差 0.01%。比三个品种在 40℃ 条件下平均每小时降低含水量 1.37% 比在 37℃ 条件下的平均值 1.30% 多降低含水量 0.07%，每小时平均温度每差一度降低含水量差 0.02%（在干燥过程中的不同时间都是如此规律）。

## 3. 堆积种子层厚度与种子干燥速度的关系

堆积种子在受气流方向是单向自下往上吹的热气流的作用下，不同高度种子层的种子由于高度的位置所决定干燥的速度不同。

当上升的热气流尚未接触种子之前水蒸汽的分压力  $P_v$  值小于种子内部水蒸汽分压力  $P$ ，即  $P_v < P$ ，存在一定的差数。当热气流首先接触堆积种子最下层的种子时，由于热空气和种子产生热的平均趋势，呈现出上、下层的种温不同；热能是种子失去水分的能量，同时也产生含水量平衡的趋势，使之最下层的种子表面的水蒸汽向周围的空气中扩散，即最先失去水分。种子水分下降， $P$  值随之降低， $P_v$  增大， $P_v$  与  $P$  之差缩小。 $P_v$  值已经增大的热气流继续上升到邻近的种子层，起着与在最底层时同样的作用，只是作用力减弱了，即接着是邻近的种子层升温降水。 $P_v$  与  $P$  之差继续缩小。最底层种子被接着吹来的热气流作用下种子继续失去水分，当已经增大了  $P_v$  值的热气流继续在种子层上升起着同样的作用，但到一定高度达到  $P_v = P$  时，这一高度的种子水分即不

放出也不吸入,热气流再继续上升,达到  $P_v > P$  时,气流的蒸汽压高于种子表面的蒸汽压,种子的吸湿性所决定就从热气流中吸收水分,呈现这一高度及其以上的种子的含水量高于烘前的含水量,种子含水量越大,堆积的种子层越厚,这种现象越严重,最顶层的种子最后降水,种层厚度是 80 厘米时则种层自下而上 0~10 厘米处和 70~80 厘米处(称下层和上层),下层温度高于上层,上、下层温差 2.6~7.7℃,下层平均每小时降低含水量 0.23%,上层平均每小时降低含水量 0.19%,上层平均每小时含水量降低比下层慢 0.04%,种子层越厚,种子干燥速度越小。上层种子在干燥开始的最初 6 小时内曾出现比下层种子含水量高 1.7%,比种子原始含水量高 0.1~0.3% 的现象,然后渐趋缓慢干燥(见图 2)。

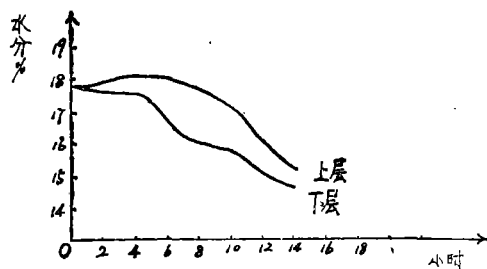


图 2 种层不同高度的种子干燥曲线  
注:①温度在逐渐变化的情况下测得。  
②种层厚度 80 厘米。

#### 4. 种子干燥降低含水量与种子生命力的关系

从种子的生理状态讲,刚收获的新种子,水份较高,大部分种子尚处在后熟阶段,生理代谢较旺盛,本身呼吸作用释放的能量较大。对这类种子缓慢干燥降水时,烘干温度是控制在 20~43℃。种子水分在 19.5% 以下者,一次烘干降水最多 5.1%,玉米、高粱种子可提高芽率 2~6.5%,种子水分在 1.95~20.5% 之间,一次降水 5.5~5.9%,种子芽率即不增加也不减少;种子水份高于 20.5% 以上者,一次降水 5.9% 以上者,尽管是较缓慢降水,但也会损害种子内的毛细管,致使种

子内部水不能向表面蒸发,而发生水分脱节现象,引起种子表面硬化,或使种子体积膨胀以及胚乳变为松软,降低芽率 2% 以上,多者可达 26%。

#### 5. 烘干温度与种子生命力的关系

淀粉类种子水稻、小麦、玉米等,这些种子胚乳由淀粉组成,组织结构较疏松,籽粒内毛细管粗大,传湿力较强,容易干燥,因此在干燥时,采用较严的干燥条件,干燥效果较明显,以种层最深层的温度为标准,最适宜的温度是 31~34℃,提高芽率最多,可达 7.3%;其次是温度在 35~40℃,可提高芽率 5%;第三是温度在 20~30℃,可提高芽率 4.3%;第四是温度在 41~43℃,芽率即不增多也不降低。尽管是在允许的温度范围内进行干燥,但种子生命力也同时受着种子原始(即烘前)含水量大小、一次烘干降水的数量等因子的影响,符合《种子干燥降低含水量与种子生命力的关系》一节的规律。即:烘前种子含水量 22.5~22.9% (原始含水量超过 20.5%),水份降低 7.7~8.2% (超过 5.9%),温度尽管是 37~40℃,但也降低芽率 2~6%;同理,原始含水量 26%,尽管烘干温度是较低的 30℃,但也降芽 9%;烘干温度是 43℃,尽管种子原始含水量是 17~18% (在 19.5% 以下),干燥降低含水量 3~4% (在 5.1% 以下),芽率也不增不减。同理,温度是 41~43℃,种子原始含水量是 20.5% (没超过 20.5%) 含水量降低 4.6% 尽管没超过 5.9%,而且在 5.1% 以下,芽率也不增不减;只有温度在 40℃ 之内,同时种子原始含水量是 16.6~17.8% (没超过 19.5%),含水量降低是 2.4~3.1% (不超过 5.1% 者),才增加芽率 3.3~7.3%。

## 四、结 论

1. 不同作物种子或同一作物不同品种的种子干燥速度不同,同时种子含水量在烘干开始时迅速下降,即干燥降水速度快,然后渐趋缓慢。气流温度 40℃ 时,在一定的时

范围内（基本能够达到安全水份），水稻、玉米种子平均每小时含水量降低（即干燥速度）为1.37%左右；烘干开始的头两个小时平均干燥速度为2.32%左右，第二至第四小时平均干燥速度为1.20%左右，第四至第六小时平均干燥速度为0.63%左右。

2. 相同品种的种子由于干燥的气流温度不同，使种子干燥速度不同。温度愈高，种子干燥速度愈快。水稻、玉米种子干燥速度即每小时平均温度每差一度降低含水量差0.02%左右。

3. 堆积种子在受气流方向是单向自下往上吹的热气流的作用下，种层不同深度的种子干燥速度不同。最深层（即最下层）种子最先降低含水量，接着是邻近的种子层降水，以此类推，最上层种子最后降水。种子所处的高度的位置不同，同一时间的含水量、温度都有一定的差数。同时，上层种子在烘干过程开头的一段时间里呈现出含水量高于烘前（即原始）含水量的现象，然后才渐趋缓慢干燥。采用气流方向是上、下吹的烘干方式就可以避免此种现象。

4. 堆积淀粉类种子烘干温度在20~40℃时烘前种子含水量低于19.5%者，一次烘干达到安全水份，即降低含水量不超过5.1%，不仅对生命力没有损害，而且可促进种子后熟，使种子生命力还稍有提高，一般可增芽2~6.5%；种子含水量在19.5~20.5%之间，一次烘干降水达安全水份，降低含水量在5.5~5.9%者，对种子生命力无损害。但

即不增芽也不减芽；种子含水量烘前在20.5%以上者，一次烘干降水达5.9%以上者，对种子生命力有损害，使芽率降低2~26%，对这类种子必须采用两次或多次间歇烘干方法。

每次烘干降水4~5%，（不超过5.9%），才不致于使种子因受热时间过长、受热过高、失水过快而发生事故。

5. 淀粉类种子烘干温度控制在20~43℃都是允许的范围。其中：温度31~34℃时，一般可提高芽率7.3%左右，为最佳温；当温度在35~40℃时，一般可提高芽率5%左右，为次之；第三是温度在20~30℃，可提高芽率4.3%左右；当温度在41~43℃，种子即不增芽也不减芽。尽管是在允许的温度范围内进行干燥，但种子生命力也同时受着种子原始含水量的大小、一次烘干降水数量等因子的影响，符合《种子干燥降低含水量与种子生命力的关系》一节的规律。种子原始含水量超过20.5%，一次烘干含水量降低超过5.9%以上，尽管烘干温度是37~40℃，或低温30℃，但也降低芽率2~9%；烘干温度是43℃，尽管种子原始含水量在19.5%以下，一次烘干降低含水量在5.1%以下，芽率也不增不减；温度也是41~43℃，原始含水量是20.5%（没超过20.5%），尽管一次烘干降水小于5.1%，芽率也不增不减；只有温度在40℃之内，种子原始含水量不超过19.5%，一次烘干降水不超过5.1%，才增加芽率3.3~7.3%。