



四川省农机学会

农用烘干设备

四川科学技术出版社

农业机械丛书

农 用 烘 干 设 备

四川省农机学会 编

执笔：岳体林 张安云
秦毅夫 谢树人(插图)

四川科学技术出版社

一九八五·成都

责任编辑：崔泽海

农用烘干设备

四川省农机学会编

四川科学技术出版社出版 (成都盐道街三号)

四川省新华书店发行 渡口新华印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 6.25 插页 1 字数 133 千

1985 年 4 月第一版

1985 年 4 月第一次印刷

印数：1—3,200 册

书号：15298·46

定价：1.20 元

前 言

农业机械化是农业现代化不可缺少的组成部分，没有农业机械化，就不可能实现农业现代化。由于我国地域辽阔，各地地形、气候、作物品种、耕作制度、栽培制度等千差万别，加上经济发展快慢也不一样，因此，农业机械化必须贯彻因地制宜，有选择的逐步实现中国式的农业机械化和农业现代化。

党的十一届三中全会以后，我国农村广泛地实行了各种生产责任制。农业机械绝大多数已责任到户，承包到人，而且许多社员独户或联户购买农业机械的也逐步增多。但农民文化程度不高，缺少机械常识和操作维修技术。目前，农机拥有量大，品种繁多，如何管好、用好农业机械，农机战线广大职工十分关心。为适应我国四化建设和农村经济发展需要，我们将组织科技人员，在广泛调查研究的基础上，针对农村实际需要，陆续编写出版《农业机具应用技术丛书》，以提高农民的技术水平，提高农机的综合经济效益和延长农机的使用寿命。

农作物的烘干作业是农作物收获过程中的一个重要环节，直接影响丰产丰收和农产品的质量。为了在广大农村建好、用好和修好各种烘干设备，特组织编写了“农用烘干设备”这本书。本书内容包括五部分：一、粮食烘干技术基础知识；二、典型烘干设备的构造与使用；三、烘干设备的维护

与保养；四、烘干过程中常见的故障及其排除方法；五、烘干过程常用数据的测定和效果检验。本书着重实用，兼顾基础知识，文字通俗易懂，适合农村专业户、农场、仓贮有关人员阅读，也可作为培训教材和供农业技术学校、农业科技人员参考。

本书由我会组织岳体林（四川省农机研究所），张安云（四川省粮食学校），秦毅夫（广汉县粮食局），谢树人（三台县烘干机厂）等四位同志编写，并组织四川省有关科研、学校及农机单位的科技人员对书稿进行了认真的审定。本书在编写过程中得到各单位的大力支持，在此特致谢意！

由于我们编者水平有限，书中错误和缺点在所难免，恳请广大读者批评指正。

四川省农机学会

一九八四年

目 录

第一部分 粮食烘干技术基础知识	1
一、粮食干燥的生化特点.....	1
(一) 粮粒的基本构造和化学营养物质	1
(二) 粮食的品质	6
二、粮食为什么要进行烘干.....	8
(一) 粮食发热霉变和生芽	8
(二) 防止粮食霉变和生芽的手段	10
三、粮食是怎样获得干燥的	11
(一) 粮食水分的汽化	11
(二) 粮食水分含量的表示方法和有关计算.....	15
四、粮食烘干的常用方法.....	19
(一) 对流干燥法	19
(二) 传导干燥法	20
(三) 辐射干燥法	20
(四) 高频干燥法	21
(五) 联合干燥法	21
五、粮食烘干过程中的热损伤及预防方法.....	22
(一) 粮食的热损伤.....	22
(二) 预防粮食干燥过程中热损伤的方法.....	24
六、如何选择粮食热力干燥条件.....	28
(一) 干燥过程中影响粮食品质的主要因素.....	28

(二) 小麦的热力干燥条件	29
(三) 稻谷的热力干燥条件	29
(四) 玉米的热力干燥条件	30
(五) 种用粮食的热力干燥条件	31
七、如何选择烘干设备的燃料与炉灶	31
(一) 燃料的特性及选择	32
(二) 煤炉	34
八、通风系统的阻力计算和通风机的选择	36
(一) 通风系统的总阻力计算	39
(二) 通风机及其选择	46
第二部分 典型烘干设备的构造与使用	61
一、间歇式烘干设备	61
(一) 通风干燥仓	61
(二) 简易烘房	68
(三) 简易堆放式烘干仓	74
(四) 5HDI7 型多物料烘干机	90
(五) 5HZ—3、2 型循环式谷物种籽烘干机	99
(六) SBD—3D 型循环式谷物烘干机	120
(七) 气流烘干机	126
二、连续式烘干设备	131
(一) 5Hy—2.5 型流化烘干机	131
(二) 小型砖砌流化烘干槽	138
(三) 滚筒烘干机	142
(四) 贝利科谷物烘干机	146
(五) 瓦绍来谷物烘干机	150
三、烘干设备的综合利用	155
第三部分 烘干设备的维护与保养	156
一、风机的维护与保养	16

二、炉灶的维护与保养	150
三、电器的维护与保养	159
四、传动部分的维护与保养	160
五、烘干仓（包括砖结构）的维护与保养	160
第四部分 烘干过程中的常见故障及其	
排除方法	161
第五部分 烘干过程常用数据的测定	
和效果检验	170
一、烘干过程主要参数的测定	170
（一）大气温度、湿度的测定	170
（二）废气温度、湿度的测定	171
（三）热风温度的测定	171
（四）物料温度的测定	171
（五）风量、风压的测定	172
二、粮食主要品质检验	177
（一）含水率的测定	177
（二）爆腰率的测定	178
（三）面筋的测定	179
（四）发芽率的测定	180
附录：粮食质量国家标准	184

第一部分 粮食烘干技术的基础知识

粮食干燥过程是复杂的降水过程。要正确地进行粮食烘干，使粮食安全降水，首先要了解粮食干燥的生化特点、降水过程的特点和一般规律，以及它们之间的内在联系。

一、粮食干燥的生化特点

(一) 粮粒的基本构造和化学营养物质

1. **粮粒的基本构造：**粮粒是有生命的生物胶体。主要由果皮与种皮、胚及胚乳三部分组成，如图1—1。

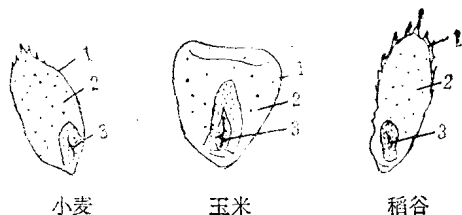


图1—1 粮粒的构造

1. 果皮与种皮 2. 胚乳 3. 胚

(1) **果皮与种皮** 它是粮粒的覆被部分，纤维素总量占75%以上。一般粮粒（谷类作物）的果皮与种皮很不发达，压缩成一薄层。果皮与种皮细胞质在种子成熟时已消失，因

此没有生命，但在细胞间有很多孔隙，这个皮层部形成多孔性构造。当粮粒干燥时，孔隙中充满空气；而潮湿时，细胞因吸水膨胀，空气减少。由于果皮与种皮皮质强韧，因而具有保护粮粒不易受外力机械损伤，防止病虫害侵入的作用。因此，在烘干过程中，要尽量防止果皮与种皮的损伤。

(2) 胚 单子叶植物种子的胚由胚芽、胚轴、胚根和子叶组成，具有极强的生命活力。粮粒吸收水分和胚乳内的营养物质后开始生长，形成新的植株。由于过高的环境温度会导致胚内生活物质的各种变性而丧失生命活力，所以在烘干过程中要注意保持它的生命活力。

(3) 胚乳 贮藏着粮粒中主要的营养化学物质，是胚发育时营养和能量的主要来源，也是人们食用的主要部分。由于胚乳内营养化学物质在一定的温度条件下会发生不同程度的变性，使种子衰老或失去发芽能力，食用品质下降，因此，在烘干过程中要注意避免营养化学物质变性的发生。

(4) 果皮与种皮 胚及胚乳主要由多种细胞组成。果皮及种皮的细胞与细胞之间的孔隙构成许多毛细管，从而形成了水分或气体流动的通道。

2. 粮粒内的营养化学物质：主要包括水、糖类、蛋白质、脂类和酶。

在烘干过程中，要保持或改善粮食烘后的食用品质，增进粮食贮藏的稳定性，所以了解和掌握粮粒内各营养化学物质的特性是十分重要的，现分述如下：

(1) 水分 粮粒内水分以两种状态存在：一种叫游离水（或称自由水）；另一种叫结合水（亦称束缚水或生理水）。游离水存在于粮粒毛细管内，具有普通水的性质，0℃时结冰，

在粮粒内很不稳定,常受外界温、湿度变化而蒸发减少或吸收增加。结合水是与粮粒内的蛋白质、碳水化合物等胶体物质牢固地结合在一起的那部分水,性稳定,0℃时不结冰,常温下不散失,是维持粮粒生命不可缺少的组成部分。

游离水是种子生化作用的介质,细胞的生命活动只有在游离水的参与下才能进行。如果没有游离水,粮粒进入休眠状态,有利于贮藏,但对其生命活动不利。因此,粮粒在成熟、贮藏及发芽的过程中,游离水和结合水总是存在着一定的比例关系。当粮粒内含水量超出某种界限,就会出现游离水,这时,粮粒内的水解酶从不活动状态转变为活动状态,这个转折点就叫粮粒的安全水分。

不同品种的粮粒具有不同的安全水分。一般粮食作物的籽粒安全水分为13—14%,油料作物的籽粒安全水分为10%以下。

游离水在粮粒内各个部分的流动取决于粮粒内部各部分的构造特性。有的果皮与种皮相对疏松,胚乳有较多、较粗的毛细管,则水分流动通畅。有的果皮与种皮紧密或含腊质,胚乳毛细管细小,则水分流动困难。因此,不同品种的粮粒在干燥过程中具有不同的脱水(降水)速度。

(2) 糖类 粮粒中的葡萄糖、淀粉、纤维素、半纤维素等通称糖类。是粮粒的主要成分,约占干物质含量的65~80%,其中最主要的是淀粉。由一个糖分子构成的叫单糖,如葡萄糖、果糖等;由二个糖分子构成的叫双糖,如麦芽糖、蔗糖等;由无数个糖分子组成的叫多糖,如淀粉、纤维素、半纤维素等。除多糖外,糖都具有水溶性,因此又称可溶性糖。

淀粉呈白色粒状贮存在胚乳细胞中,在常温下不溶于水。

它由二种物理性质和化学结构不同的多糖——直链淀粉和支链淀粉组成。直链淀粉粘性不大，易溶于热水。支链淀粉粘性较强，必须在加热加压下才能溶解。

淀粉在热水中吸水膨胀，导致淀粉粒破裂，形成带有粘性的淀粉糊，这种现象叫糊化。浆糊就是典型的糊化现象。一般烘干高水分粮粒温度超过60℃时，就会导致淀粉糊化，造成食用品质和工艺品质迅速下降。

粮食在烘干过程中，加热温度过高或粮食受热时间过长，是造成烘后粮食食用品质下降（无粘性、不好吃等）的主要原因。

纤维素与半纤维素是由很多高分子的多糖组成。是构成粮粒细胞壁的主要物质，不溶于水但能吸水膨胀。

可溶性糖主要存在于粮粒胚部和籽粒的外层，是微生物最适合的养料，因此粮粒极易被微生物侵害。胚部和破碎粮粒的外围最先发生霉变。同时，昆虫对粮粒的破坏，也常从胚部及破损孔口开始。

(3) 蛋白质 蛋白质是营养价值较高的物质。粮粒中有二种性质的蛋白质：一种是构成细胞生命的“细胞性蛋白质，数量极微”；另一种是以储藏物质形式存在的“储藏性蛋白质”。

蛋白质是高分子胶体物质。根据它在各种溶剂中的可溶性又分为清蛋白（水溶）、球蛋白（盐溶）、胶蛋白（醇溶）及谷蛋白（酸或碱溶）。清蛋白和球蛋白多集中在粮粒的胚部外围，而谷蛋白和胶蛋白则主要集中在胚乳部分。蛋白质在粮粒内的分布与含量，常以胚部为最多，胚乳次之，但就重量而言，则胚乳为最多。

蛋白质具有变性作用，在高温作用下，蛋白质会发生凝

固变性，致使吸水和膨胀力显著降低。变性蛋白的可溶性下降，工艺品质迅速劣变。如小麦面筋蛋白质变性后，面筋会丧失原有的弹力和拉力，做馒头不松软，做面条缺乏筋力；稻谷蛋白质变性后，加工大米煮饭松散，失去原有的风味与滋润；蛋白质变性后，其亲水性变弱而导致种子的衰老；从而逐渐丧失发芽的能力。

蛋白质的热变性速度，与粮粒加热温度和粮粒的含水量有关。一般在同一含水量的粮粒中如温度每提高 10°C ，蛋白质的变性速度加快 $1\sim 3$ 倍；在同一温度下含水量提高 $3\sim 4\%$ ，变性速度加快 $1\sim 3$ 倍。因此，在粮食烘干过程中，应该首先考虑粮粒水分加热温度与蛋白质的变性关系。一般粮粒温度超过 56°C ；蛋白质即开始发生变性。

(4) 脂类 脂类包括脂肪和类脂。脂肪是由甘油与脂肪酸组成，称为甘油酯。其中脂肪酸约占 90% ，甘油约占 10% 。脂肪在生理上的功用是供给热能。而类脂一类物质主要对新陈代谢起调节作用。类脂中主要包括蜡、磷脂、固醇等。

一般谷类粮食所含脂肪多在胚部及糊粉层，胚乳含量较少。油料及大豆子叶内脂肪的含量比较丰富。

脂肪不溶于水，所以称为“疏水胶体”，与蛋白质、淀粉等亲水性相反。油料种籽的水分都集中在非脂肪部分。

(5) 酶 酶是生物体自身产生的一种特殊活性蛋白质，具有高度的催化能力，因此人们把它称为生物催化剂。一切生物体内物质分解与合成，都靠酶的催化作用来完成。粮粒的生物化学变化，都必须依靠酶的作用进行，如果没有酶或酶的活性被破坏，粮粒的生命活动也就停止了。

酶的催化作用有较高的专一性，对催化对象有一定的选

择性。一种酶常常只催化一种物质,生成一定的产物。例如,蛋白质水解酶只水解蛋白质生成氨基酸,脂肪酶只水解脂肪生成甘油与脂肪酸,淀粉酶只水解淀粉生成麦芽糖,麦芽糖酶只水解麦芽糖生成葡萄糖,呼吸酶类则以葡萄糖作为基质进行催化作用等等。

酶的催化强度与温度、水分有密切关系。酶在 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ 的范围内,温度愈高,活性愈大。一般酶活动的最适宜温度为 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$,但温度超过 50°C 时,酶的蛋白质开始变性,其活性便开始衰减,达到 70°C 时,活性完全丧失。

酶的催化作用需要有水参加,当粮粒出现游离水分时,酶的活性增强,水分愈高,活性愈强;当粮粒水分降低至全水分时,酶的活性则处于相对静止状态。

(二) 粮食的品质

粮食品质主要指粮食在流通和消费过程中作为商品应具备的素质。根据使用的目的和要求,大体上可以分为以下三种。

粮食质量标准:粮食质量标准是对粮食产品质量指标所作的技术规定,经国家标准化管理部门公布执行。是粮食收购、调拨、出口、加工、储存、销售、从事生产和流通的一种共同质量技术依据。

目前我国粮食质量标准有国家粮食质量标准(GB);部颁粮食质量标准(LS)和省级颁粮食质量标准三级。

粮食工艺品质:粮食工艺品质是粮食化学成分、物理性状和生理特性的综合表现。粮食的工艺品质范围很广,包括粮食纯度、杂质、容重、比重、整齐度、硬度、含壳率以及

加工成品的精度、出饭率、面筋质和杂草种籽等。

纯度是指粮食纯净程度。它是粮食使用价值的重要标志。包括籽粒完整、丰满、发育正常的完善粒和尚有食用价值的各种不完善粒，如未熟粒、生芽粒、破损粒、虫蚀粒、病斑粒和霉粒等。

杂质指夹杂在粮粒中没有食用价值而又影响粮粒品质的无机杂质（泥土、砂石、金属碎屑等）、有机杂质（植物根、茎、叶、杂草籽、昆虫等）。

容重是粮食质量的综合标志。容重愈大，粮食品质愈好，籽粒饱满、光滑、大小整齐和蛋白质含量高。

比重是粮粒干物质密度的指标。比重大的粮食，组织紧密，营养充足，反之组织疏松，品质较差。比重大小同粮粒的化学成分和含量有关。比重愈大，淀粉和蛋白质的含量愈高；但脂肪含量较高的油料作物籽粒，比重偏小。

硬度是指籽粒具有光亮的、玻璃状或角质的胚乳。硬质粒的蛋白质含量一般较高。无光泽或粉状的称为粉质。硬度是籽粒抵抗外加机械压力的能力，反映了籽粒受压破碎所需最小外力。

含壳率是指禾本科粮粒的种皮在全粒中所占的比例。含壳率愈高，籽仁的含量就少，在同品种粮食中，含壳率愈低，品质愈好。

粮食种用品质：粮食种用品质是粮食作为种子使用的各项技术质量标准的综合评价。主要有纯度、病虫害、杂草籽、净度、发芽率、生活力、水分等。

二、粮食为什么要进行烘干

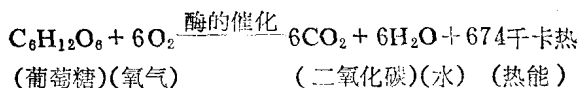
粮食是有生命的物质,在一定条件下,它会发热霉变、生芽或被病虫危害而不能安全贮藏和保持原有品质。所以,必须了解和认识粮食的生化特点、粮粒霉变、生芽和病虫危害的规律,才能正确选择一定的烘干工艺参数,对粮食进行人工干燥,达到粮食安全贮藏,保持或改善其品质的目的。

(一) 粮食发热霉变和生芽

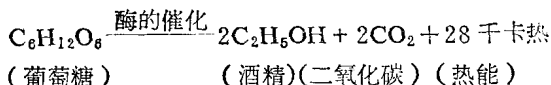
1. **粮粒的呼吸作用和微生物的活动:** 指粮粒内糖类、脂肪、蛋白质等有机物质在酶的参与下,与空气中的氧进行氧化,生成二氧化碳、水和放出热能的过程。它是粮粒生命活动的表现形式之一。

在不同的氧气供给条件下,呼吸的性质不同。

在正常供氧条件下,进行有氧呼吸:



在氧气供给不足的条件下,进行缺氧呼吸:



影响呼吸强弱程度的因素是粮粒含水率、温度和氧气条件。在一定的温度范围内(一般20℃左右)含水率高时,呼吸强烈,含水率为13%左右时,呼吸微弱。当粮粒温度未超过某一限度范围时温度越高,呼吸越强烈,但当温度超过这一

限度（如小麦 55℃）后，温度再高时，粮粒有机体中的原生质和酶就要受到破坏，呼吸作用停止。氧气充足时，主要进行有氧呼吸；而氧气不足时，则主要进行缺氧呼吸。

粮粒呼吸作用的结果（不论是有氧呼吸或是缺氧呼吸），消耗的都是葡萄糖。当呼吸旺盛时，除葡萄糖外，其它糖类经过一系列反应也不断分解，最后成为葡萄糖。脂肪、蛋白质在酶的催化作用下，产生的脂肪酸、甘油、氨基酸等也参加到葡萄糖分解过程的反应中去。因此，造成粮粒营养物质的大量消耗。

粮粒有氧或缺氧呼吸作用的结果，所放出的热能，除部分为细胞所消耗外，大部分进入粮堆间隙，造成粮堆温度升高，导致粮食发烧。

有氧呼吸作用放出的二氧化碳，大量集聚粮堆，形成较大浓度，促使粮粒由有氧呼吸转化为缺氧呼吸，产生大量的酒精，能杀死种胚，使粮粒生活力丧失。

有氧呼吸作用的结果，由于葡萄糖的氧化而产生的水分仍然保持在粮堆内，导致粮粒的含水量增加。

综上所述，粮食的呼吸作用对安全保粮是十分不利的。

粮粒的外部、胚部及皮层下、经常附生、寄生或腐生着大量的微生物。其主要代表是细菌和霉菌。

微生物在自身的新陈代谢时，产生出多种具有强大作用的活性酶，将粮粒中的糖类、蛋白质、脂肪等营养物质由高分子分解成低分子的简单物质，摄入体内，合成自身细胞内的有机物质，供其生长发育；同时在分解自身的贮藏物质和进行呼吸作用时，也放出二氧化碳、水和热。这些微生物的生命活动对粮粒能量的消耗与粮粒的呼吸作用交织在一起，