

霉菌抑制剂在次粉储藏中的应用评价¹

EVALUATION OF MOLD INHIBITORS FOR STORAGE OF WHEAT MIDLINGS

熊易强 博士，美国大豆协会饲料技术主任

摘 要

针对小麦次粉安全度夏储藏问题，进行了一项散装储藏中试研究和一项实验室储藏研究，以评价 3 种霉菌抑制剂（即 Mold Zap，DMX-7，Mold Curb）对保证次粉度夏储藏的效果。中试研究表明，经 12 周储藏后，6 个仓室（即处理）有 5 个出现粮温异常上升，但均无生霉迹象，此粮温上升与霉菌抑制剂剂量亦无关连。中试证实了在储藏的次粉中有昆虫和螨危害，并有氧化酸败发生。实验室研究为三因子设计，共 36 个处理，即 3（水分水平）× 3（霉抑制剂种类）× 4（霉抑制剂剂量）。所有处理均在 38℃ 储藏 6 个月，每月进行次粉变质检查。结果显示，次粉变质的程度取决于次粉水分、储藏时间、霉抑制剂种类和霉抑制剂剂量。水分 12.5% 的次粉，除了霉抑制剂最低剂量（供应商推荐剂量的 1/4）的几个处理之外，其他处理均无生霉迹象。水分 14.5%，除了霉抑制剂剂量最高的一个处理（2.27 kg/ton Myco Curb）之外，其他处理在 6 个月储藏中均有霉菌滋生。水分 13.5%，每吨次粉施用 1.82kg Mold-Zap 或 1.70 kg Myco Curb 的处理未见生霉。所有 36 个处理在 38℃ 储藏 6 个月后，全有异味发展。本文提出了采用药剂熏蒸并施用霉抑制和抗氧化综合制剂进行小麦次粉度夏储藏的推荐方案。

¹ 此文是作者在美国一家公司从事饲料科技开发工作中未发表的研究报告（1994），现经美国大豆协会组织翻译发表（单行本编号 FE8(1)-2001）。希望这些科研结果能给同行们提供有用的资料；更希望在如何使科研服务于生产（或者说如何在生产中推进学科发展）这个老话题上与大家交流。

前 言

小麦次粉的价格在冬季末是 \$ 80-100/ton，夏季跌到 \$ 50/ton

左右。我们认

为这是由于次粉夏季储藏困难和/或需求下降的缘故。根据以往的观察，次粉生霉是

夏季接收的次粉在邻接仓壁处发生的(其直接原因多半是水分随热转移凝结)，次粉水分最高达到 14% (与 Bill Elliott 私人通信)。根据这些情况，我们认为，霉菌抑制剂应是解决这个问题的手段。本项研究的目的是评价霉菌抑制剂的种类和剂量水平对增进小麦次粉储藏稳定性的效果。

材料和方法

本研究采用了 3 种霉菌抑制剂：1) Myco Curb(简称 K)；2) Mold-Zap (简称 A)；3) DMX-7 (简称 D)。这 3 种制剂的主要有效成分是丙酸盐，3 种制剂都是液体。D 制剂除了可抑制霉菌外，可能还有一定程度阻抑水分转移的作用。根据供应商的推荐，防止水分 14% 的小麦次粉生霉的抑制剂剂量：K 为 2.27kg/ton，A 为 1.82kg/ton，D 为 1.36kg/ton。在公司的研究开发农场进行了中试研究和实验室研究。

中试研究

中试所用的 3 种霉菌抑制剂都有两个剂量：一个是制剂供应商推荐剂量 (表示为 X)；另一个是该推荐剂量的一半 (0.5X)。这样就有 6 个处理，即：KX，K0.5X，AX，A0.5X，DX，D0.5X。用了 6 个房式仓 (1.83m(高度) × 3.66m × 3.66m) 储藏这些处理过的小麦次粉。

施加霉菌抑制剂用的是各供应商提供的工具，在小麦次粉经螺旋输送机从卡车卸到储藏仓室时，将液体制剂喷洒在次粉上。实际施用剂量是喷洒的制剂总量除以所处理的次粉总量计算得来的。在小麦次粉输送到仓室过程中，每个处理随机取得 10 个样品用于测定水分和丙酸含量。每个处理这 10 个样品得出的混合样品用一家供应商的研究设备测定 CO₂ 产生量。储藏的第 1、4、5、6 月末，每个仓室 (处理) 至少取出 4 个样品 (从仓的中心、顶部和邻近仓壁处)，作水分测定和生霉的肉眼检查。用储藏 0 日样品和第 4 月样品测定游离脂肪酸 (FFA) 和过氧化值 (PV)。每个仓室都在离地面 1.22m 和离仓壁 1.22m 的散堆内分别安放 1 个热电偶温度计，每周作一次料温记录。

实验室研究

进行了一项实验室研究，以评价不同的抑制剂剂量对不同水分小麦次粉的作用。用一个双螺带卧式搅拌机将小麦次粉调节为 3 种水

分：12.5%、13.5%、14.5%。每个水分的次粉施用的每种霉抑制剂都有4种剂量：X，0.75X，0.5X，0.25X。处理总数是：

$$3(\text{抑制剂种类}) \times 3(\text{水分}) \times 4(\text{抑制剂剂量}) = 36$$

用一个实验室钵式搅拌器制备这36个处理，每个处理做成双份（每份2.27kg）。用手动喷雾器将液体制剂喷洒在次粉上搅拌3min。然后将处理过的次粉装入双层塑料袋，密封袋口，在38%、70%温湿控制室内储藏6个月。储藏开头和末尾测定水分。每月以3项指标检查品质劣变：肉眼检查有无生霉迹象，有无异味发生，显微镜检查。

结果和讨论

中试研究

每种制剂的实际喷洒量与设计剂量以及制剂分布变异(以小麦次粉中丙酸浓度的CV%表示)列入表1。A制剂施用量明显较低，这是由于调节喷射器时计算有误造成的。制剂分布的变异主要可能来自小麦次粉流量的波动，这在工业化设施中会得到改善。

表1 抗氧化剂的实际施用剂量与设计剂量

处 理 [*]	实际施用平均剂 量 (kg/ton)	CV (%)	设计平均剂量 (kg/ton)
AX	0.95	27.5	1.82
A0.5X	0.59	72.7	0.91
DX	1.73	77.2	1.36
D0.5X	1.00	- -	0.68
KX	2.72	32.4	2.27
K0.5X	1.27	5.1	1.14

* AX：Mol d-Zap，按供应商推荐剂量；

A0.5X：Mol d-Zap，按供应商推荐剂量的1/2；

DX：DMX-7，按供应商推荐剂量；

D0.5X：DMX-7，按供应商推荐剂量的1/2；

KX：Myco Curb，按供应商推荐剂量；

K0.5X : Myco Curb, 按供应商推荐剂量的 1/2。

实验开始的次粉平均水分是 12.7%(12.5%-12.9%)。从仓室不同部位取的样品来看,储藏期间没有水分转移发生,故以平均水分表示储藏期间的水分变化(图 1)。

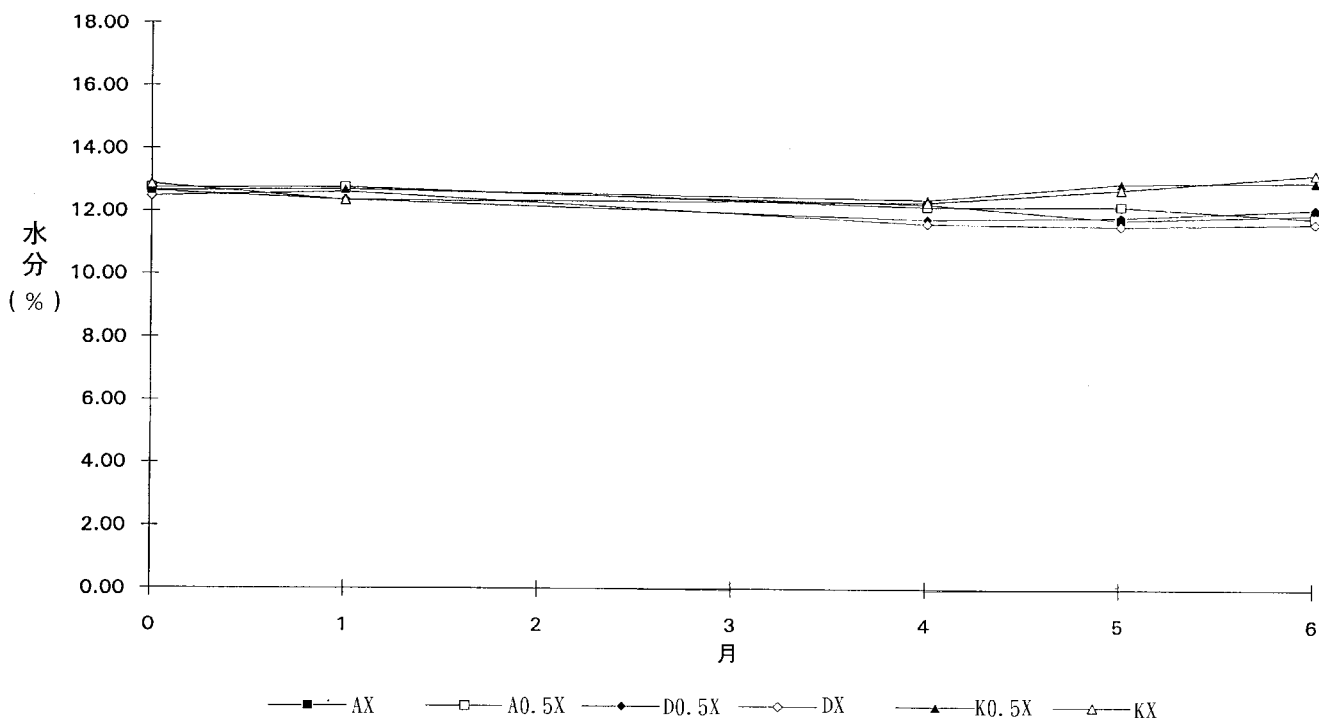


图 1 小麦次粉在房式仓储藏中的水分变化

每个仓室每次观测的两个热电偶度数之差都在 1.1 以内,故以每个处理的平均温度表示温度变化(图 2)。起初 12 周,AX, A0.5X, DX 和 D0.5X 的温度明显上升。2-3 周后, KX 的温度有一些上升。K0.5X 的温度未见上升。CO₂ 数据表明(图 3), DX 的生物活动最强, KX 和 K0.5X 的生物活动最弱。有人报道 CO₂ 产生量是霉菌发生的敏感指标。但事实上在整个储藏期间所有样品均无生霉迹象,而且次粉的温度上升与霉抑制剂之间没有联系,这说明,温度上升不能简单地解释为真菌发展。小麦次粉储藏期间的水分变化数据(图 1)也支持这一分析。所有处理都发现昆虫(甲虫)和螨类。氧化酸败也能促使温度上升。储藏 0 日样品与 4 月样品之间, FFA 增长几倍, PV 也明显增加(表 2)。这里应当提到, PV 是氧化变质早期的一个灵敏指标,而长时间高温储藏中的 PV 变化并不能反映氧化酸败的程度。过氧化物本身是无味的,而氧化酸败的终产物(酮类、醛类和低分子脂肪酸),即使是 ppm 或 ppb 级,都会产生异味。一项饲养试验(Mark Gieseman, 内部报

告)表明,用储藏了3个月的小麦次粉配制日粮饲养仔猪与新出厂的小麦次粉饲养相比,仔猪的采食量显著减少,生产表现明显较差。最后还应注意,小麦次粉散堆本身是不良导体,上述各种活动产生少量的热都会积聚而导致温度明显上升。

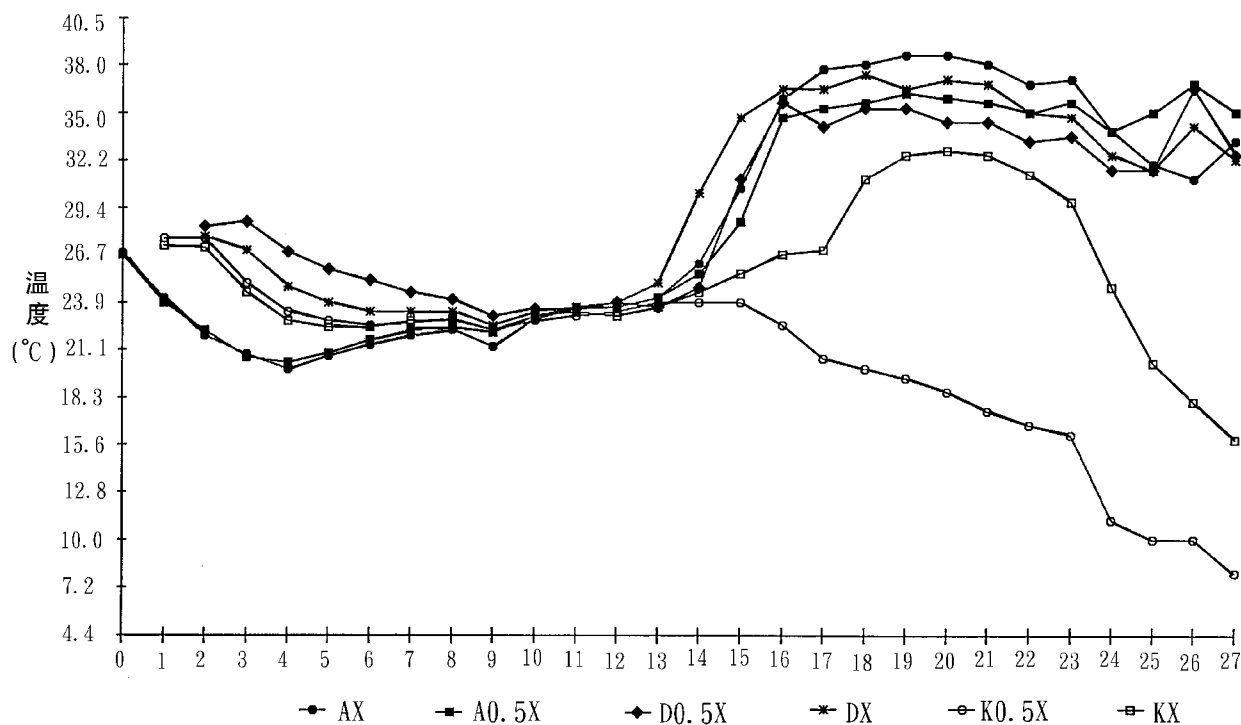


图2 小麦次粉在房式仓储藏中的温度变化

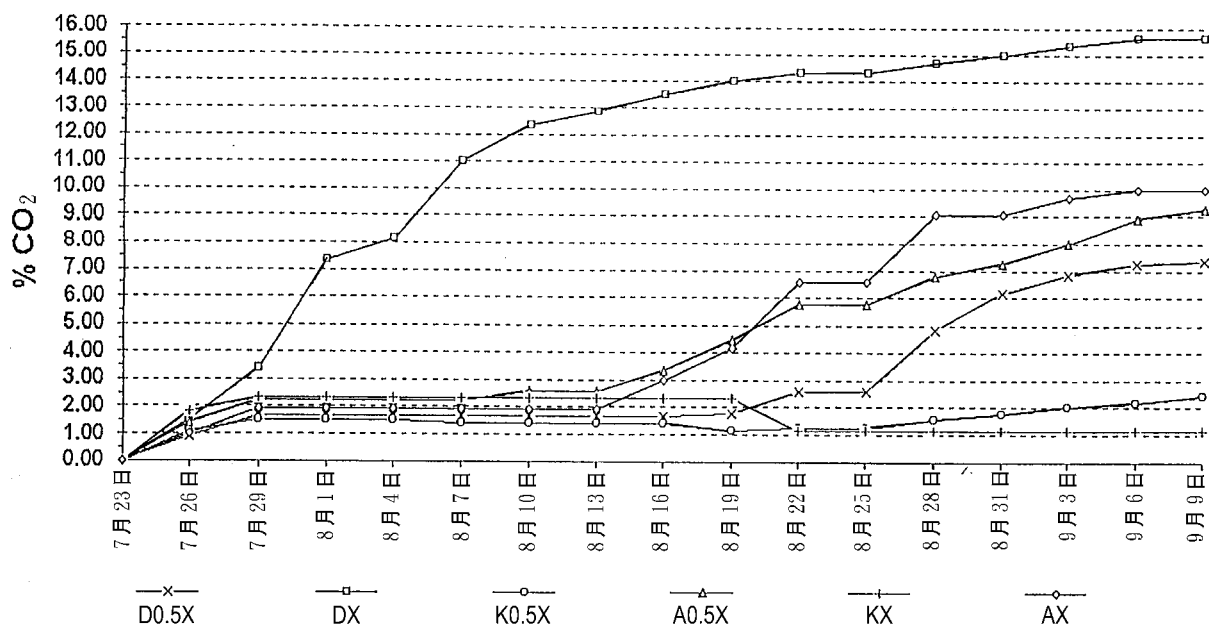


图3 用霉抑制剂处理的小麦次粉产生 CO₂ 的情况

表 2 小麦次粉储藏 0 日样品和储藏 4 月样品的
游离脂肪酸(FFA)和过氧化值(PV)分析

样品*	储藏 0 日	储藏 4 月	增加倍数
F F A ** , %			
AX	15.5	75.5	4.9
A0.5X	20.1	77.6	3.9
DX	24.0	78.7	3.3
D0.5X	20.1	84.8	4.2
KX	14.8	28.6	1.9
K0.5X	14.4	81.6	5.7
P V *** , meq/kg			
AX	10	10	1.0
A0.5X	8	11	1.4
DX	5	10	2.0
D0.5X	7	10	1.4
KX	8	10	1.3
K0.5X	8	10	1.3

* AX : Mol d-Zap , 按供应商推荐剂量 ; A0.5X : Mol d-Zap, 按供应商推荐剂量的 1/2 ; DX : DMX-7, 按供应商推荐剂量 ; D0.5X : DMX-7 , 按供应商推荐剂量的 1/2 ; KX : Myco Curb, 按供应商推荐剂量 ; K0.5X : Myco Curb, 按供应商推荐剂量的 1/2。

** 占脂肪酸总量的%。

*** 在提取脂肪总量中的含量。

表 3-1 水分不同的小麥次粉在分別用 3 種霉抑制劑以不同劑量處理後，
在 38°C 儲藏中的感觀檢查(外觀生霉迹象和有无异味)及顯微鏡檢查結果

霉抑制劑 處理劑量*		小麥次粉水分, %											
		12.5				13.5				14.5			
kg/ton	外觀	異味	鏡檢	外觀	異味	鏡檢	外觀	異味	鏡檢	外觀	異味	鏡檢	
AX	1.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	
A0.75X	1.36	-	-	-	-	-	++	-	-	++	+	+	
A0.5X	0.91	-	-	-	+	+	++	+	+	++	+	+	
A0.25X	0.45	+	+	+	++	++	++	++	++	++	+	+	
DX	1.36	-	+	-	+	+	+	+	+	++	+	+	
D0.75X	1.02	-	+	-	+	+	+	++	+	++	+	+	
D0.5X	0.68	-	+	-	++	++	++	++	++	++	+	+	
D0.25X	0.34	-	+	-	++	++	++	++	++	++	+	+	
KX	2.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
K0.75X	1.70	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	
K0.5X	1.14	-	-	-	-	-	-	+	-	++	+	+	
K0.25X	0.57	-	-	-	+	+	+	+	+	++	+	+	

*A 表示 Mold-Zap, D 表示 DMX-7, K 表示 Myco Curb, X 表示按供商推薦劑量, 0.75x, 0.5x, 0.25x 分別表示按供商推薦劑量的 0.75, 0.5, 0.25。

表 3-2 水分不同的小麦次粉在分别用 3 种霉抑制剂以不同剂量处理后，
在 38℃ 储藏中的感官检查(外观生霉迹象和有无异味)及显微镜检查结果

霉抑制剂 处理剂量*	小麦次粉水分, %											
	12.5			13.5			14.5			6个月		
kg/ton	外观	异味	镜检	外观	异味	镜检	外观	异味	镜检	外观	异味	镜检
AX	1.82	-	+	-	+	-	++	+	++	-	+	++
A0.75X	1.36	-	+	-	+	++	++	++	++	++	++	++
A0.5X	0.91	-	+	-	+	++	++	++	++	++	++	++
A0.25X	0.45	+	+	+	+	++	++	++	++	++	++	++
DX	1.36	-	+	-	+	+	++	+	++	+	+	++
D0.75X	1.02	-	+	-	++	++	++	++	++	++	++	++
D0.5X	0.68	-	+	-	++	++	++	++	++	++	++	++
D0.25X	0.34	+	+	+	++	++	++	++	++	++	++	++
KX	2.27	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-
K0.75X	1.70	-	+	-	-	-	++	+	++	+	++	++
K0.5X	1.14	-	+	-	+	+	++	++	++	++	++	++
K0.25X	0.57	-	+	+	++	++	++	++	++	++	++	++

* A 表示 Mold-Zap, D 表示 DMX-7, K 表示 Myco Curb, X 表示按供应商推荐剂量, 0.75x, 0.5x, 0.25x 分别表示按其供应商推荐剂量的 0.75, 0.5, 0.25。

根据以上观察,小麦次粉度夏储藏有必要施用抗氧化剂和杀虫剂熏蒸。一家供应商已开发了一种液体的霉菌抑制兼抗氧化剂,名叫 Curb Ox Plus。其推荐施用剂量是每吨小麦次粉 227kg(含有不少于 1.82kg 的 Myco Curb 和 0.45kg 抗氧化剂)。另一家供应商推荐每吨小麦次粉使用 0.18kg Banox E(一种干粉抗氧化剂)和 1.82kg Mold-Zap。据刘瑞征意见(私人通信),用溴甲烷(CH_3Br)或磷化氢(PH_3)进行 2 次连续熏蒸(间隔 2 周),应能有效地阻止害虫和螨类活动。

实验室研究

3 种水分处理的实际测定水分, 试验之初是 12.3%, 13.3% 和 14.4%; 试验末尾是 12.2%, 13.5% 和 14.3%。这表明已达到了设计的 12.5%, 13.5% 和 14.5% 水分水平, 且在 6 个月储藏中水分没有多少变化。

36 个处理的小麦次粉储藏期间每月检查结果表明, 次粉劣变程度取决于次粉水分、霉抑制剂剂量和种类以及储藏期长短。表 3 所示是第三月和第六月的检查结果。水分 12.5%, 除施用厂家推荐剂量 1/4 的处理(0.25A, 0.25D, 0.25K)之外, 其他处理在 38 储藏 6 个月均无生霉迹象。水分 14.5%, 除 KX 外, 所有处理经 6 个月储藏后均有霉菌发生。抑制剂之间, D 的效果最差, 这不仅因为其推荐剂量低(1.36kg/ton), 很可能还因为 D 所含的丙酸盐(主要有效成分)较低。A 和 K 的效力相当, 水分 13.5%, 1.82kg/ton 的 A 或 1.70kg/ton 的 K 都能阻止小麦次粉在 6 月储藏中生霉(表 3)。13.5% 水分是实际小麦制粉生产的最高水分(与 Kansas 州立大学 W. Dale Eustace 私人通信), 而且 38 6 个月储藏已是实际生产中少见的严酷条件, 因此, 对小麦次粉度夏储藏推荐施用 1.82kg/ton 的 A 或 K 是稳妥的。

异味是氧化反应的一个标志, 它并不总与生霉一起发生。事实上, 即使在水分最低、霉抑制剂剂量最高的情况, 小麦次粉在不高的温度下长时期储藏也会产生异味(表 3)。氧化酸败是一个化学反应过程, 可不经生物活动而独自进行。这进一步肯定了抗氧化剂对小麦次粉度夏储藏的必要性。

建 议

对小麦次粉安全度夏储藏作如下建议:

1. 次粉水分不应超过 13.5%;
2. 每 ton 小麦次粉拌入 2.27kg Curb Ox Plus, 或 1.82kg Mold Zap 和 0.18kg Banox E;
3. 用溴甲烷或磷化氢进行 2 次连续熏蒸, 第一次在入仓时, 第二次在 15 天之后。

(刘瑞征 翻译)