



SORGO

ESTADOUNIDENSE

Almacenamiento En Climas Tropicales



PREFACIO

El sorgo estadounidense es considerado en todo el mundo como un ingrediente de alto valor para el pienso compuesto de más bajo costo.

Su **contenido de humedad es menor** que el de otros ingredientes comparables.

Su **palatabilidad es equivalente** a la del maíz en formulaciones basados en grano/soya, al usarse en alimentación restringida.

Su **nivel de utilización por el animal (disponibilidad de nutrientes) es equivalente** cuando ha sido procesado de manera apropiada.

Se almacena con facilidad en climas cálidos debido a su bajo contenido de humedad.

Se rompe poco con la manipulación.

Cuesta menos moler debido a la suavidad de sus granos.

Su **costo por unidad es menor** que otros ingredientes comparables.

Está **disponible todo el año** a precios competitivos.

IDEAS ERRADAS ACERCA DEL SORGO ESTADOUNIDENSE

Tema: Palatabilidad

Rumor La palatabilidad de las raciones basadas en sorgo es más baja que la de las raciones basadas en maíz.

Correcto Cuando se da como alimento sin otra opción, el consumo de raciones basadas en sorgo es equivalente al de raciones basadas en maíz.

Tema: Absorción de nutrientes

Rumor La utilización de nutrientes por el animal es menor con las raciones basadas en sorgo, ya que los nutrientes del sorgo no están disponibles tan fácilmente en el intestino de los animales.

Correcto Cuando está bien procesado, no hay gran diferencia en la absorción de nutrientes entre las raciones basadas en sorgo y las raciones basadas en maíz.

Tema: Contenido de taninos

Rumor El sorgo tiene un alto contenido de ácido tánico.

Correcto El sorgo estadounidense que ha sido clasificado oficialmente debe tener menos de 3% de las variedades de alto contenido de taninos. La mayoría de los embarques tienen niveles mínimos de granos de alto contenido de taninos.

INTRODUCCIÓN

Producción y exportación de sorgo estadounidense

El sorgo fue domesticado hace 3.000 a 5.000 años, probablemente en la zona norte o este del Africa. En las regiones secas del mundo, esta gramínea resistente se cultiva por sus semillas, las cuales se utilizan para alimento humano y de animales. En los Estados Unidos, la producción de sorgo se concentra en los estados secos de Nebraska, Kansas, Oklahoma y Texas (Figura 1). El sorgo se usa con frecuencia como cultivo de rotación, intercalándose con el cultivo de trigo o maíz. La tierra se prepara y la semilla híbrida se siembra en la estación de primavera del hemisferio norte (entre abril y junio). La cosecha del sorgo empieza en el sur de Texas en julio y se va desplazando hacia el norte, terminando en octubre o noviembre en Kansas y Nebraska. En las principales áreas de producción, la cosecha del grano de sorgo se lleva a cabo cuando empieza la temporada más fría. Debido al clima seco, gran parte del grano se cosecha con un contenido de humedad lo suficientemente bajo como para poder almacenarlo sin un secado previo a altas temperaturas.

Figura 1. El ochenticinco por ciento del sorgo estadounidense se cultiva en estos estados secos.



Características físicas y nutritivas del grano de sorgo

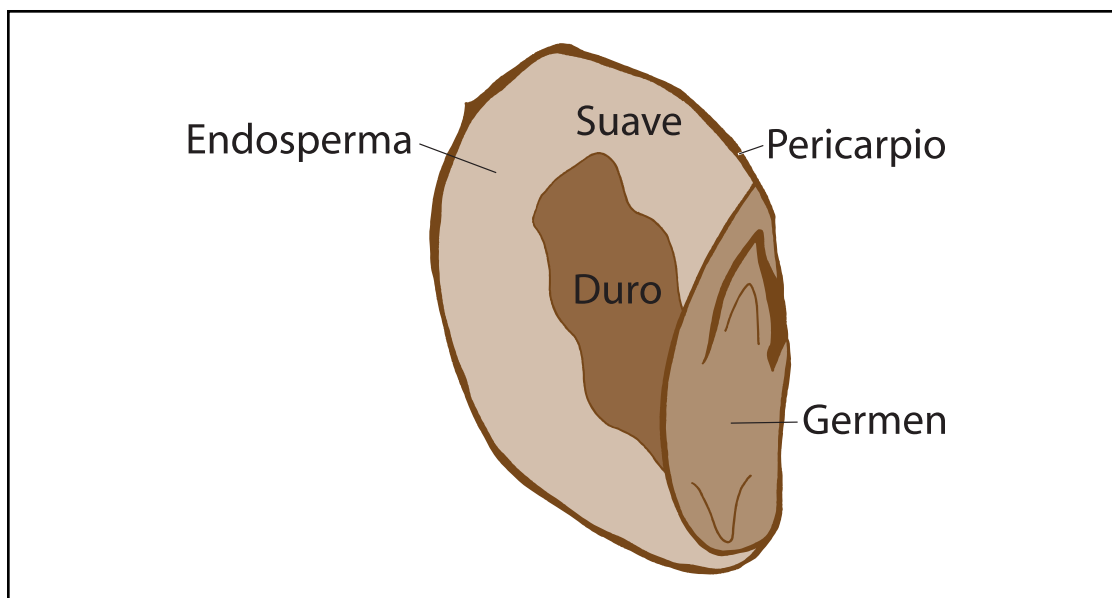
Casi todo el grano de sorgo que se exporta de los Estados Unidos es de grado U.S. # 2. Su densidad a granel promedio entre 1997 y 1999 fue de 75,6 kg/hl, y su contenido promedio de humedad fue de 13,7% (Tabla 1). Su contenido promedio de granos rotos y material extraño fue de 4,1%, con un contenido de impurezas (dockage) de 0,2%.

Tabla 1. Factores de grado promedio de sorgo estadounidense # 2, exportado de Estados Unidos entre 1997 y 1999.

Año	Densidad a granel (kg/hl)	Contenido de humedad (%)	Granos dañados, Total (%)	Granos rotos (%)	Material extraño (%)	Impurezas [dockage] (%)
1997	75.7	13.8	0.9	3.0	1.2	0.2
1998	75.7	13.8	1.0	3.0	1.2	0.2
1999	75.4	13.6	1.0	2.9	1.0	0.2
Promedio	75.6	13.7	1.0	3.0	1.1	0.2

Al igual que los granos de otros cereales, los granos del sorgo tienen un germen y un endosperma, cubiertos por un pericarpio (Figura 2). El germen contiene el embrión de la nueva planta y estructuras asociadas. El endosperma es el área de almacenamiento de nutrientes de la nueva planta, y está compuesto mayormente de proteína y carbohidratos. El pericarpio está constituido por las capas fibrosas exteriores del grano. El sorgo estadounidense normalmente contiene más proteína que el maíz, pero un poco menos proteína que los trigos para consumo animal (Tabla 2). Su contenido de carbohidratos es semejante al de trigo o maíz, pero su valor energético es aproximadamente 4% menor. El sistema digestivo del ganado o aves de corral pueden utilizar su valor energético mejor cuando se muele a un tamaño de partícula de 600 micrones o más fino.

Figura 2. Estructura interna de un grano de sorgo.



El sorgo estadounidense tiene una parte grande de endosperma suave, por lo cual se puede procesar con facilidad. Cuando se muele a 900 micrones, el sorgo estadounidense requiere aproximadamente el 34% de la energía que requiere el maíz estadounidense. Para una partícula de 500 micrones o más fina, el sorgo estadounidense requiere aproximadamente una cuarta parte de la energía del maíz. Los rendimientos de molienda con frecuencia son mucho mayores para el sorgo estadounidense que para el maíz. La energía requerida para peletizar, el contenido de polvo, y la durabilidad del pélet son equivalentes si se compara el sorgo estadounidense con el maíz.

Tabla 2. Calidad nutritiva de los granos.

Grano	Proteína (g/kg)	Grasa (g/kg)	Carbohidrato (g/kg)	Fibra en crudo (g/kg)	Energía (Mcal/kg)
Sorgo	108	31	720	21	2.0
Trigo	125	17	720	18	2.1
Maíz	92	45	716	27	2.1

VENTAJAS DEL SORGO ESTADOUNIDENSE

SEMILLA. Los sorgos estadounidenses son variedades híbridas desarrolladas mediante programas multimillonarios de reproducción financiados por compañías privadas de semillas, grupos de productores y dependencias gubernamentales. Una red de compañías de semillas y evaluadores universitarios proveen a los productores de granos la última información sobre ensayos con diversas variedades. La semilla resultante se adapta a las llanuras secas donde se produce el sorgo estadounidense.

SUELOS Y CLIMA. Los suelos profundos y ricos de América del Norte proveen un terreno excelente para el cultivo de sorgo. En vista del clima seco en la mayoría de las áreas de producción, el sorgo estadounidense rara vez tiene problemas con micotoxinas que plagan a los sorgos que se cultivan y cosechan en climas húmedos.

INFORMACION. Una red de abastecedores privados y científicos del gobierno y universidades proveen a los agricultores la última información sobre la investigación y tecnologías relacionadas a las diversas prácticas agronómicas, incluyendo labranza, protección de cultivos, fertilización y mecanización. Esta información ayuda al productor de sorgo a hacer el mejor uso del suelo fértil y clima seco a los cuales están adaptados los sorgos estadounidenses, y asegura la producción eficiente de un grano de alta calidad.

MAQUINARIA. El sorgo estadounidense se siembra, labra y cosecha mecánicamente. Durante los años de mayor precipitación pluvial, parte de la cosecha se seca en secadoras de granos de altas temperaturas antes de almacenarla. El sorgo no es tan susceptible a romperse después del secado como lo es el maíz, e incluso si se le seca

a altas temperaturas, la calidad del grano se mantiene con facilidad. Parte de la cosecha se almacena en las fincas, por lo general en silos de metal, y el resto se almacena en silos comerciales, que pueden tener depósitos ya sea de metal o silos verticales de concreto. La mayor parte del sorgo se enfría rápidamente después de almacenarse, y se guarda frío hasta que se use domésticamente o se embarque para su exportación. La temperatura baja y bajo contenido de humedad en casi todos los tipos de sorgo ayuda a mantener la calidad del grano almacenado a un costo mínimo.

COMERCIALIZACIÓN. Un sistema masivo y complejo de plantas de almacenamiento, equipos de transporte, información de mercadeo, y inspecciones oficiales permite que pueda transportarse el sorgo eficientemente a la exportación. Una gran parte del sorgo se transporta desde las plantas de silos del interior directamente a los silos de exportación o a puntos de transferencia fronteriza en Texas en vagones especiales para granos. Asimismo, se transportan grandes cantidades de sorgo por vía fluvial en barcazas a los puertos de exportación del golfo en el estado de Louisiana.

CALIDAD. Por todo el sistema, se van tomando muestras del grano para determinar la calidad. En ciertos lugares en el interior, el grano transportado por tren o por barcaza es examinado en camino a los centros de exportación por inspectores capacitados, que a su vez son supervisados por inspectores del gobierno federal. Al momento de exportación, todos los cargamentos de granos son sometidos a la inspección del Servicio Federal de Inspección de Granos (FGIS), a menos que el contrato disponga lo contrario. La mayoría de los contratos hacen referencia a un grado de grano estadounidense como base de una inspección de calidad. El sistema de clasificación de granos en los Estados Unidos utiliza una norma conocida que no varía de año en año con la calidad del cultivo (Apéndice 1).

RESUMEN. El cultivo de sorgo estadounidense comienza con una semilla de calidad asegurada de variedades que han sido desarrolladas con el fin de proveer el rendimiento máximo y un excelente valor de alimentación. La semilla es un componente de un sistema agrícola optimizado operado por productores con experiencia, con la ayuda de una amplia red de información y aportaciones agrícolas provenientes de fuentes tanto públicas como privadas. La labranza, fertilización, cosecha y comercialización se llevan a cabo mediante un sistema mecanizado que provee el máximo valor de grano al mínimo costo. El sistema de comercialización y transporte de alta capitalización asegura que este valor sea transferido al punto de exportación de la manera más eficiente posible. De esa manera, los importadores de sorgo estadounidense tienen la garantía de un producto con un alto valor intrínseco que les es enviado a un costo mínimo.

ALMACENAMIENTO DEL SORGO ESTADOUNIDENSE EN CLIMAS TROPICALES

Cuando el sorgo estadounidense llega a sus destinos tropicales, con frecuencia se tiene que almacenar antes de ser procesado. Parte del grano se almacena por períodos cortos a la intemperie, sin el beneficio de una estructura protectora. En climas secos, el grano de sorgo se almacena mejor que la mayoría de los otros granos en montones sin protección, debido a su bajo contenido inicial de humedad y su habilidad de resistir lluvias ligeras sin dañarse. Los montones a la intemperie no proveen protección contra la lluvia o el viento, y el grano se expone a la contaminación por insectos, aves y roedores. Por lo tanto, todo el grano debería almacenarse al interior de estructuras protectoras como almacenes, depósitos de metal o silos de concreto, especialmente en los climas tropicales. Cada estructura de almacenamiento tiene sus ventajas y sus desventajas en áreas tropicales.

Estructuras de almacenamiento

Almacén (depósitos planos)

Ventajas Bajo costo inicial
Uso flexible del espacio

Desventajas La carga y descarga del grano es costosa
Poca protección contra roedores y aves
Difícil de controlar la temperatura y la fumigación

Silos de metal

Ventajas Protección contra roedores y aves
La carga y descarga del grano puede ser automatizada
La fumigación puede ser eficaz
El control de la temperatura es simple

Desventajas Alto costo inicial
El techo y las paredes de metal proveen poco
aislamiento contra el sol tropical

Silos de concreto

Ventajas La carga y descarga del grano es totalmente automatizada
El techo y las paredes de concreto aíslan al grano contra el sol
tropical
La fumigación es sencilla y eficaz
El control de la temperatura es simple

Desventajas Alto costo inicial

Causas del deterioro del grano

Muchos factores pueden contribuir al deterioro en la calidad del grano durante su manejo y almacenamiento.

Ruptura mecánica. Cuando las fuerzas mecánicas que se enfrentan al momento de la cosecha y transporte causan roturas en el pericarpio del grano, la parte nutritiva del grano—el endosperma y el tejido del germen—se expone a ser atacada por insectos y mohos. Pedacitos de granos rotos y otras partículas pequeñas llenan los espacios vacíos entre los granos, lo cual hace que el área se compacte y la disipación del calor y humedad metabólicos se haga mas lenta. Aunque los granos rotos de sorgo contienen los mismos nutrientes y valor energético que los granos enteros, una gran proporción de granos rajados o rotos facilitan el deterioro, y deben evitarse en la medida de lo posible.

Filtraciones. Durante el transporte o almacenamiento del grano, filtraciones pueden hacer que la lluvia o el agua del mar contaminen el grano, lo cual puede causar áreas de granos con moho.

Mohos. Algunos de los mismos mohos que prosperan en el grano mojado a causa de filtraciones pueden crecer lentamente en el grano seco a temperaturas más elevadas. A los bajos niveles de humedad que contienen normalmente los granos de sorgo estadounidense de exportación, los mohos se desarrollan tan lentamente, que a efectos prácticos, pueden considerarse en estado latente o de inactividad mientras que el grano se mantenga a temperaturas frescas. Sin embargo, al exponerse el grano al aire cálido y húmedo de los climas tropicales, los mohos en la superficie del grano pueden empezar a desarrollar colonias que podrían afectar la calidad del grano si su almacenamiento es por períodos extendidos.

Con frecuencia el grano sufre deterioro, aunque el moho que lo causa no sea visible. Esta amenaza invisible se puede controlar mejor si el administrador de almacenamiento entiende ciertos parámetros del deterioro inducido por moho.

No todos los mohos presentes en el grano son activos durante su almacenamiento. Los mohos de los géneros *Fusarium* y *Alternaria*, entre otros, infectan a la semilla antes de su cosecha. Estos “mohos de campo” entran en estado de latencia cuando la semilla se seca a un contenido de menos de 20% de humedad, y permanecen inactivos a menos que la humedad disponible se vuelva muy alta. Esto puede ocurrir si se filtra agua sobre el grano o si se agrega demasiada agua durante el procesamiento del grano. Por contraste, los “mohos del almacén”, que en su mayor parte son de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, pueden desarrollarse usando el agua disponible en el grano con un contenido de humedad de sólo 13%, dependiendo de la temperatura. Varias especies de estos mohos tienen la habilidad de explotar condiciones ligeramente diferentes de humedad y temperatura al interior de la masa de granos.

Insectos. Una variedad de insectos pequeños infestan el grano seco de sorgo. Los géneros y especies de estos insectos son similares en todo el mundo. Los escarabajos cosmopolitanos que pueden encontrarse en el sorgo almacenado incluyen al gorgojo (*Sitophilus* spp.), al barrenador de granos (*Rhyzopertha dominica*), al escarabajo de granos de dientes de sierra (*Oryzaephilus* spp.), al escarabajo de harina (*Tribolium* spp.), y al escarabajo chato de granos (*Cryptolestes* spp.). En el grano de sorgo almacenado también viven unas cuantas especies de polillas y ácaros. El grano que se almacena a largo plazo en zonas tropicales secas también puede ser atacado por insectos autóctonos, como el *Trogoderma granarium* o el *Prostephanus truncatus*. Como casi todos los importadores de sorgo estadounidense almacenan el grano menos de dos meses, rara vez se reportan problemas con insectos.

Los insectos pueden contribuir a problemas de calentamiento del sorgo almacenado en condiciones tropicales. El *Sitophilus* y el *Rhyzopertha dominica* pueden causar graves daños debido a que sus larvas se desarrollan al interior de los granos. Otras plagas cosmopolitanas no dañan el grano, pero pueden causar su contaminación. Los insectos requieren casi un mes para desarrollarse desde el huevo, por sus etapas de larva y pupa, para salir como adultos en condiciones tropicales. Debido a que solamente los adultos se reproducen, se requieren varios meses para que se desarrolle una infestación que verdaderamente cause daños. En el Apéndice II hay información adicional acerca de insectos y mohos.

Control de la calidad del grano

Muestreo. Al grano que se exporta de los Estados Unidos por vía marítima se le sacan muestras y se somete a inspección por parte de agentes del Servicio Federal de Inspección de Granos (FGIS/GIPSA). Los puertos de destino también pueden requerir que se saquen muestras y efectúen análisis del grano. No obstante, es importante sacarle muestras y analizar el grano al recibirse en el sitio de almacenamiento para detectar problemas que pueden surgir durante su manejo en el puerto y transporte a la planta. Los parámetros que deben someterse a inspección incluyen:

Temperatura del grano: Una temperatura del grano más elevada que la temperatura ambiente indica calentamiento.

Humedad del grano: Una humedad mayor que la que indica el certificado de clasificación puede indicar que el grano se mojó con agua de lluvia o de mar

Olores: Los olores pueden indicar contaminación

También se recomienda un muestreo periódico del grano mientras está almacenado, si éste se va a mantener almacenado más de dos meses. Como es difícil sacar muestras representativas de masas grandes de grano, muchos depósitos tienen cables de temperatura que dan una indicación de la condición del grano.

Control de la temperatura del grano. La mayoría de los sistemas de control de temperatura están conformados por cables de acero y alambres de par termoeléctrico (termopares) suspendidos del techo del depósito. Pueden haber varios cables en cada depósito, cada uno con varios elementos de detección de temperatura. Aunque el grano de sorgo normalmente no se calienta durante su almacenamiento, resulta útil entender los principios básicos de la interpretación de la temperatura del grano. El administrador de almacenamiento debe mantener el grano fresco, ya que tanto los mohos como los insectos se desarrollan más lentamente a temperaturas más bajas. Debe controlar la temperatura del grano con frecuencia cuando está almacenado para detectar cualquier calentamiento en la masa de granos. En el Apéndice III aparecen ejemplos de temperaturas de granos y cómo interpretarlas.

Mantenimiento de la calidad del grano

El sorgo estadounidense ofrece varias ventajas para almacenamiento en condiciones tropicales.

- Es más seco que la mayoría de los otros granos de alimento para animales. El sorgo de exportación contiene de manera consistente una humedad aproximada del 13,7%.
- Contiene una cantidad menor de granos dañados que la mayoría de los otros granos de alimento para animales. El contenido promedio de granos dañados en el sorgo estadounidense de exportación es de apenas el uno por ciento.
- Contiene un menor número de granos infectados con mohos que otros granos de alimento para animales. Una encuesta reciente reveló que menos del 7% de los granos de sorgo estadounidense de exportación estaban infectados con mohos del almacén (*Aspergillus* spp.), incluso después de haber estado un tiempo en un clima tropical. En una simulación, la tasa de infección con mohos del almacén no aumentó de manera significativa cuando se mantuvo por dos meses a una temperatura de 30° C y 13,5 % de contenido de humedad.
- La materia fina en el sorgo no se acumula debajo del surtidor tanto como el del maíz. Esto elimina un importante problema potencial en su almacenamiento tropical.

Las propiedades superiores del sorgo estadounidense para almacenamiento tropical significa que hay pocas probabilidades de que la calidad se deteriore si el administrador obedece unas cuantas reglas estándar de almacenamiento.

- **Condiciones sanitarias.** Los depósitos y otras áreas deben limpiarse después de su utilización. En áreas tropicales, los insectos sobreviven todo el año en todas partes. Entonces, las condiciones sanitarias en el equipo de manejo del grano, así como en los depósitos, es de particular importancia.
- **Rotación.** Las existencias se deben rotar en el sentido de que lo primero en entrar debe ser lo primero en salir. En los depósitos que no son de auto-limpieza, esto significa que debe retirarse todo el grano del fondo del depósito antes de agregarse más grano. Sin embargo, si el grano empieza a calentarse, éste deberá usarse primero, aunque no sea en orden de entrada.
- **Control.** La calidad y la temperatura del grano deben mantenerse en constante control. El contenido de humedad del grano y su temperatura son buenos indicadores del potencial de un buen almacenamiento.
- **Airación.** En ciertas circunstancias, la airación es un mecanismo útil a la hora de almacenar el grano. El Apéndice IV ofrece información detallada sobre la airación en el trópico.
- **Fumigación.** Las infestaciones graves pueden requerir fumigación. El Apéndice V ofrece información detallada sobre la seguridad y eficacia de la fumigación.



APÉNDICE I.

NORMAS DE CLASIFICACIÓN DEL GRANO

Factores de clasificación	Grados EE. UU. #s			
	1	2	3	4
Límites mínimos de:				
Peso por Volumen lb/bu	57.0	55.0	53.0	51.0
kg/hl	73.4	70.8	68.2	65.6
Maximum percent limits of:				
Granos dañados				
Calor (parte del total)	0.2	0.5	1.0	3.0
Total	2.0	5.0	10.0	15.0
Granos rotos y materiales extraños				
Materiales extraños (parte del total)	1.5	2.5	3.5	4.5
Total	4.0	7.0	10.0	13.0
Límites máximos de conteo por muestra de 1000-g, de:				
Otros materiales				
Mugre o roña animal	9	9	9	9
Semillas de ricino	1	1	1	1
Vidrio	2	2	2	2
Piedras	7	7	7	7
Sustancias extrañas desconocidas	3	3	3	3
Bardana menor	7	7	7	7

Normas estadounidenses para el sorgo

Muestra de grado estadounidense

Sorgo que

- No satisface los requisitos para los grados estadounidenses # 1, 2, 3, 4; ó
- Que tiene un olor a moho, agrio o inaceptable comercialmente (excepto el olor a tizne o ajo)
- Ha sido demasiado expuesto a la intemperie o al calor, o es claramente de baja calidad.

Para obtener más información, publicaciones que se pueden descargar de la internet y la dirección de correo electrónico, entre al sitio del Servicio Federal de Inspección de Granos (FGIS/GIPSA) en la red: www.usda.gov/gipsa

APÉNDICE II. MOHOS E INSECTOS MÁS COMUNES EN EL SORGO ESTADOUNIDENSE ALMACENADO

Mohos que se encuentran en el sorgo estadounidense de exportación almacenado en climas tropicales.

<i>Alternaria</i> spp.	Hongo de campo. Infecta las semillas del sorgo cuando todavía están en la planta. No crece en almacenamiento.
<i>Cephalosporium</i> spp.	Hongo de campo. De vez en cuando se encuentra infección en sorgo estadounidense exportado. No crece en almacenamiento.
<i>Fusarium</i> spp.	Hongo de campo. No infecta frecuentemente al sorgo estadounidense de exportación. No crece en almacenamiento.
<i>Aspergillus glaucus</i>	Moho del almacén. Sólo alrededor de un 5% de las semillas de sorgo estadounidense exportado están infectadas. La presencia de esta especie indica un potencial de deterioro, pero <i>A. glaucus</i> no causa un calentamiento significativo.
<i>Aspergillus flavus</i> <i>y candidus</i>	Mohos del almacén. Tienden a estar presente en el sorgo exportado cuando la infección de <i>A. glaucus</i> ha aumentado o la humedad del grano es alta. Causan calentamiento y descoloración del grano si la tasa de infección es alta.
Otros <i>Aspergillus</i>	Mohos del almacén. A veces están presentes en el sorgo estadounidense de exportación.
<i>Penicillium</i> spp.	Moho del almacén. No infecta frecuentemente al sorgo estadounidense de exportación. No es un factor que contribuye significativamente al deterioro.

Insectos comunes en el sorgo estadounidense de exportación almacenado en climas tropicales.

<i>Cryptolestes</i> spp.	Escarabajo. Se distingue por su tamaño pequeño y antenas grandes. Infesta rápidamente el sorgo tibio, pero no daña el grano.
<i>Oryzaephilus</i> spp.	Escarabajo. Se distingue por su aspecto delgado y comportamiento activo. Infesta rápidamente el sorgo, pero no daña el grano.
<i>Tribolium</i> spp.	Escarabajo. Prefiere el grano procesado, pero con frecuencia se encuentra en granos enteros almacenados. No causa daños al grano.
Varias polillas	La mayoría son de la familia <i>Pyralidae</i> . Tienden a producir una malla sobre la superficie del grano y en los equipos de manejo, pero causan poco daño al grano.
<i>Sitophilus</i> spp.	Gorgojo. Se distingue por su cabeza alargada en forma de trompa. Produce calor y humedad que fomentan el crecimiento de mohos. Causa un daño severo con mucha contaminación.
<i>Rhyzopertha dominica</i>	Escarabajo. Se distingue por su forma cilíndrica y la cabeza hacia abajo. Produce polvo, calor y humedad que fomenta el crecimiento de mohos. Causa un daño grave al grano y mucha contaminación.
Familia Psocidae y ácaros	No son insectos, pero tienen aspecto de insecto. Pueden ser demasiado pequeños para ser visibles a simple vista. Producen contaminación pero no le causan mucho daño al grano.

APÉNDICE III. CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL GRANO EN ALMACENAMIENTO TROPICAL

Normalmente, los cables de temperatura de acero trenzado llevan alambres delgados de cobre que terminan haciendo contacto con un cable hecho de constantan, que es una aleación de metal. En el lugar donde estos metales distintos hacen contacto, se forma un par termoeléctrico (termopar) y se genera una corriente de electrones. La potencia de la corriente está relacionada directamente a la temperatura y es interpretada por el lector de termopares. La mayoría de los cables tienen estos elementos a intervalos de 2 metros.

Para poder interpretar con mayor facilidad la información de temperatura del grano, debe registrarse de una manera que facilite comparar el mismo lugar en el depósito en varias fechas de muestreo. Por ejemplo, considere una instalación con 3 silos que tienen 4 cables cada uno, en los que cada cable tiene 8 termopares (sensores). La última vez que se registraron las temperaturas fue el 26 de diciembre. La manera más útil de preparar el registro de temperatura es colocar las lecturas del mismo cable cerca la una de la otra, tal como aparece a continuación:

Fecha	Silo	Cable	Sensor							
			1	2	3	4	5	6	7	8
5 Dic	1	1	24	22	22	22	21	21	22	23
11 Dic	1	1	25	22	22	22	21	21	22	24
17 Dic	1	1	25	23	22	22	21	21	23	25
23 Dic	1	1	25	23	23	22	21	21	24	26
29 Dic	1	1	25	23	23	22	21	22	24	28
5 Dic	1	2	24	23	23	23	22	22	22	23
11 Dic	1	2	24	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.

Aquí es obvio que la temperatura del grano en contacto con los sensores #1 y #8, cerca de la parte superior (#8) e inferior (#1) de la masa de granos, está aumentando lentamente; mientras que las temperaturas del grano al interior de la masa en contacto con el cable #1 no están cambiando. Por lo general es útil comparar los perfiles de temperatura a lo largo de por lo menos un mes, para poder interpretar la información.

Un método alternativo, aunque menos útil de registrar las mismas lecturas es colocar toda la información de un mismo día junta, como a continuación:

Apéndice III (continúa)

Fecha	Silo	Cable	Sensor							
			1	2	3	4	5	6	7	8
5 Dic	1	1	24	24	24	25	24	25	30	30
	1	2	24	26	26	27	29	24	24	30
	1	3	24	23	22	22	21	22	22	29
	1	4	24	23	22	22	22	21	22	29
	2	1	26	22	21	22	21	20	25	27
	2	2	24	23	23	22	22	21	21	24
	2	3	24	22	23	23	24	24	25	25
	2	4	24	22	23	23	24	24	24	25
	3	1	26	26	24	25	22	23	23	25
	3	2	27	26	25	26	23	25	24	24
	3	3	27	25	25	24	23	23	25	25
	3	4	27	25	25	24	23	23	25	25
	3	4	27	25	25	24	23	23	25	25
11 Dic	1	1	27	24	24	25	25	22	24	24
	1	2	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.

Aquí, el administrador no puede determinar de inmediato si las temperaturas altas indican deterioro o el efecto de las condiciones ambientales. Las temperaturas altas en los sensores superiores (#7 y #8) del cable #1 en el silo 1 pueden hacer pensar al administrador que hay un punto caliente. (En este caso, la temperatura alta simplemente indica que el sensor no está cubierto por el grano). Similarmente, no es posible determinar si el grano que se encuentra cerca de la quinta posición en el cable #2 del depósito #1 se está calentando, o si el cable se ha desplazado cerca de la pared exterior.

Ejemplos de registros de temperatura de grano

Con frecuencia, los sensores superiores en el cable de temperatura no están cubiertos de grano. El sensor detecta la temperatura del aire en el espacio encima del grano. Los sensores que no están cubiertos o que apenas están cubiertos de grano se caracterizan por la fluctuación en las lecturas que arrojan, dependiendo de la hora del día en que se registran las temperaturas. Esto tiene como resultado registros que arrojan lecturas que se alternan entre temperaturas más altas y temperaturas más bajas. Un ejemplo típico en el que los dos sensores superiores (#7 y #8) no están cubiertos de grano es el siguiente:

Fecha	Silo	Cable	Sensor							
			1	2	3	4	5	6	7	8
5 Dic	1	1	26	26	27	27	25	27	32	32
11 Dic	1	1	26	25	26	27	27	27	25	26
17 Dic	1	1	27	25	27	28	27	28	34	34
23 Dic	1	1	27	26	27	27	27	29	32	33

Apéndice III (continúa)

En el ejemplo siguiente, la línea de temperatura se ha desplazado a cerca de la pared del depósito, exponiendo los sensores # 5, #6 y #7 a condiciones muy cercanas a la temperatura ambiente. Note que las temperaturas en estos puntos se alternan entre temperaturas más altas y más bajas, dependiendo de las condiciones ambientales cuando se registraron las temperaturas.

Fecha	Silo	Cable	Sensor							
			1	2	3	4	5	6	7	8
5 Dic	1	1	24	24	24	28	31	29	25	26
11 Dic	1	1	25	25	26	27	29	29	25	28
17 Dic	1	1	25	25	25	26	29	27	25	27
23 Dic	1	1	25	25	26	29	30	30	24	28

Los verdaderos “puntos calientes” crean un patrón diferente, un patrón de temperaturas que aumentan de manera constante. La tasa de aumento por lo general es moderada y sólo uno o dos sensores se ven afectados al comienzo. Esto diferencia a un punto caliente de un calentamiento superficial, en el que los sensores de varias líneas son afectados igualmente.

Fecha	Silo	Cable	Sensor							
			1	2	3	4	5	6	7	8
5 Dic	1	1	29	28	29	30	31	30	31	32
11 Dic	1	1	29	28	29	32	31	31	32	29
17 Dic	1	1	30	29	30	33	32	31	33	32
23 Dic	1	1	31	29	30	35	32	31	33	35

En este caso, la temperatura del grano al interior de la masa de granos (#4) aumentó 3° C en sólo 12 días, mientras que otros puntos más cercanos a la superficie (#7) sólo aumentaron dos grados y la mayoría de las otras posiciones se mantuvieron relativamente estables (el sensor #8 se ha quedado afuera del grano). Este punto está comenzando a calentarse y deteriorarse. Un buen administrador de granos vigila este silo muy de cerca y toma medidas en caso de que la temperatura continúe aumentando a una tasa mayor de un grado por semana.

Resumen

El control de la temperatura del grano es de especial importancia en las áreas tropicales. Las temperaturas del grano le dan al administrador de almacenamiento uno de los mejores indicadores de la condición del grano. Puntos que deben recordarse incluyen:

- Los aumentos en la temperatura del grano pueden deberse a las condiciones ambientales o al deterioro del grano. Una temperatura alta de por sí no causa deterioro, pero el deterioro sí causa temperaturas altas en el grano.
- Las temperaturas del grano deben registrarse de manera metódica y correcta para que sean útiles.
- El administrador del grano debe saber exactamente la ubicación de las líneas de temperatura en la masa del grano, para poder interpretar correctamente la información de temperatura.
- El calentamiento causado por cambios ambientales es errático, mientras que los puntos calientes causados por deterioro producen un aumento lento pero constante de la temperatura del grano. Un aumento constante de más de dos o tres grados requiere que se investigue su causa.



APÉNDICE IV. ADMINISTRACIÓN DE LA AIRACIÓN EN CLIMAS TROPICALES

Antecedentes

En general, el grano más frío se deteriora menos que el grano más caliente. Tanto los insectos como los mohos crecen más rápido y causan más daño a temperaturas más altas. Por eso conviene mantener el grano a las temperaturas más frescas posibles. En los climas templados, hacer esto es relativamente fácil y barato. Pero en los climas cálidos, especialmente en las zonas bajas y húmedas de los trópicos, esto puede no ser factible sin equipo de refrigeración. Una alternativa barata y razonable es almacenar el grano sólo por períodos cortos, mantenerlo controlado, y consumir el grano que se está comenzando a calentar o que se encuentra en una condición marginal, antes de consumir el grano con mayor margen de almacenamiento. La siguiente información y prácticas de airación sugeridas pueden ser útiles para esta estrategia básica, dependiendo del problema y del clima de que se trate.

La primera interrogante con frecuencia es determinar cuándo operar los ventiladores de airación. Para responder a esta interrogante, es útil revisar los objetivos de airación y la física del calor en el grano almacenado. Para el grano importado, se usa airación para eliminar el calor generado por respiración antes de que se desarrollen puntos calientes y comience a deteriorarse la calidad del grano. La airación también se utiliza para eliminar los gradientes de temperatura. Los puntos calientes son producidos por una actividad intensa de mohos o insectos. Pueden formarse gradientes de temperatura si el grano se almacena varios meses. Parte de la masa puede calentarse más que el resto debido a un calentamiento ambiental, a las sombras o a las diferencias de temperatura entre el día y la noche. En el grano producido localmente, en el cual pueden darse grandes variaciones de contenido de humedad, la airación puede ser útil para igualar la humedad.

Para airear el grano, se pasa aire del ambiente lentamente por el grano para sacarle el calor a la masa de granos. Las bajas tasas de flujo de aire que se usan para la airación no son eficientes para secar el grano. El aire debe tener una temperatura varios grados más baja que el grano caliente para que el proceso sea eficiente. En muchos sistemas de airación, en los que los ventiladores en la base del depósito desplazan el aire hacia arriba hasta la superficie, muchas veces el aire es calentado por el motor del ventilador y por el calor de la compresión antes de llegar al grano. El aire es comprimido cuando

Apéndice IV (continúa)

el ventilador lo fuerza bajo presión a los ductos o a la cámara impelente. Para igualar esta presión, el aire se desplaza a través del grano hacia la superficie. Los caminos que puede seguir el aire a través de la masa de granos son angostos, y el aire debe cambiar de dirección cientos de veces antes de salir por la superficie del grano. Esto produce una resistencia al flujo de aire que se mide como presión estática. Cuanto mayor sea la presión estática, más potencia se necesita para producir la tasa deseada de flujo de aire. La presión estática se puede superar y generar un mayor flujo de aire, aumentando el tamaño y la potencia del ventilador, con el aumento concomitante del calor generado por la compresión.

A medida que aire fresco entra en la masa caliente de granos, se efectúa un intercambio tanto de calor como de agua con los granos, hasta que se logra una condición de equilibrio. Este intercambio se da rápidamente y sólo afecta la primera capa de granos que entra en contacto con el aire. Una vez que el aire se ha calentado a una temperatura aproximada a la del grano, ya no puede aceptar energía térmica del grano y atraviesa el resto de la masa de grano sin ningún efecto adicional. A medida que se circula más aire fresco a través del grano, la capa de grano enfriado se va anchando y la proporción de la masa que aún no se ha enfriado se va achicando. La capa de grano en la cual se da el cambio se llama “frente térmico”, y se dice que éste se “desplaza” a través de la masa de granos. El ventilador debe operarse hasta que este frente se “desplace” por toda la masa o hasta que el frente haya “desplazado” el punto caliente hasta sacarlo del grano. La temperatura del grano debe controlarse frecuentemente para determinar cuándo ocurre esto. El número de horas-ventilador que se requieren para lograrlo depende de la tasa de flujo de aire, que es una función del tamaño y potencia del ventilador y de la presión estática del grano. La presión estática del grano depende de la cantidad de grano y de la altura de la masa de granos.

Ejemplos de problemas de almacenamiento relacionados al calor

Cuando el grano se está calentando en la superficie

Si el grano se está calentando por encima de la temperatura ambiente debido al aire caliente entre el techo y la superficie del grano, ventiladores de extracción pueden resultar útiles. En climas cálidos, el sol calienta los techos de los silos de metal, lo cual hace que el aire que está encima del grano se caliente muy por encima de la temperatura ambiente. Como en los trópicos el aire en la noche también es caliente, gran parte de este calor no se disipa durante la noche, por lo que la superficie del grano está expuesta constantemente a aire que es más caliente que la temperatura ambiente.

Apéndice IV (continúa)

Los ventiladores de extracción son ventiladores pequeños, generalmente de 0,5 a 1 caballo de fuerza, y por lo general se colocan cerca de la arista del techo de los depósitos. Al extraer el aire caliente de la arista del techo del depósito, el aire más frío del exterior se succiona al depósito debajo de los aleros y por las rejillas de ventilación del techo. La función de estos ventiladores es doble. Cuando no se está aireando el grano, ayudan a mantener baja la temperatura del espacio de aire, evitando que se caliente excesivamente por encima de la temperatura ambiente. Cuando se está aireando el grano por medio de ventiladores de airación que desplazan el aire hacia arriba a través de la masa de granos, los ventiladores de extracción mezclan el aire ambiente con el aire caliente y húmedo que está saliendo de la masa de granos, evitando de esta manera que se forme condensación en el techo de metal durante la noche. Los ventiladores de extracción pueden estar conectados a controladores automáticos que los activan cada vez que se encienden los ventiladores de airación o cuando la temperatura del espacio de aire está por encima de un límite pre-establecido.

Cuando el grano llega frío

Durante el invierno en el hemisferio norte, a veces el grano llega al puerto de destino a una temperatura mucho más fría que la temperatura ambiente y, al colocarse en los depósitos de almacenamiento, el patrón del cambio de temperatura puede indicar que el grano frío está llegando a un equilibrio con el ambiente del lugar de almacenamiento. El administrador sabe que éste es el caso si la parte superior, inferior y exterior se están calentando a un ritmo constante y el interior de la masa de granos se está calentando mucho más lentamente. En este caso, la mejor decisión es de mantener el frío al interior de la masa de granos al no operar los ventiladores de airación y al cubrir las aberturas a nivel del suelo. Los ventiladores de extracción pueden operarse en las tardes calurosas, ya que no estos no jalen el aire a través del grano.

Cuando aire frío está disponible

En las zonas altas y en las zonas secas del trópico, puede haber aire frío disponible durante las horas de la noche. Este aire más frío puede utilizarse para extender el tiempo de almacenamiento seguro del grano, a veces por varios meses. Después de almacenarse, la temperatura del grano se controla constantemente, tal como se explica en el Apéndice III. No se activa el proceso de airación a menos que la temperatura de una gran parte de la masa de granos esté por encima de la temperatura diaria promedio. Si se requiere airación, los ventiladores se activan durante la noche, excepto cuando llueve. Con frecuencia los ventiladores se operan durante las 3–4 horas más frías, ya que la temperatura ambiente debe ser por lo menos 3° C más fría que el grano caliente para que la airación sea eficiente. Cuando el frente de enfriamiento ha salido del grano, se detiene la airación nocturna. Esta práctica elimina los gradientes de temperatura al interior de la masa, y lleva el volumen de la masa de granos a una temperatura menor que el promedio de la temperatura ambiente diaria.

Cuando el grano se está calentando debido a la presencia de mohos o insectos

En el peor de los casos, los puntos calientes son los que están causando el cambio en la temperatura del grano. La mejor estrategia de administración en este caso es utilizar el grano de inmediato, antes de que se caliente por encima de los 30–35° C, que es cuando el deterioro se lleva a cabo más rápidamente y la posibilidad de que se formen toxinas es mayor. Es más importante usar el grano que se está calentando de inmediato que seguir la regla estándar de almacenamiento de “primero en entrar, primero en salir”. Una de las ventajas de los depósitos de metal es que el grano cerca de las aristas en la parte superior central, que es donde hay mayor probabilidad que se den los puntos calientes, por lo general sale del depósito justo después de empezar la descarga. Por lo tanto, tal vez sea necesario usar fuera de turno sólo del 15 al 20% del grano que se está calentando.

Cuando se está moviendo el grano, se deben tomar muestras para detectar insectos. Si se observan grandes cantidades de insectos *Rhyzopertha dominica* o *Sitophilus*, se puede detener el calentamiento fumigando el grano. Si hay pocos insectos presentes y si el grano no se puede consumir de inmediato, posiblemente la airación sea la única manera de reducir al mínimo el deterioro del grano. Cuando se usa airación para controlar los puntos calientes, el aire ambiente es utilizado para sacar el calor y la humedad excesiva del grano, manteniendo de esa manera las temperaturas del grano sólo unos cuantos grados por encima de la temperatura ambiente. El aire del exterior debe ser por lo menos 3° C más frío que el punto caliente para que esto funcione bien, y los ventiladores deben dejarse encendidos por varios días, el tiempo suficiente como para que el calor y la humedad sean extraídos completamente del depósito. Operar los ventiladores sólo por unas cuantas horas lo único que logra es desplazar el calor y la humedad a otros granos.



Resumen y recomendaciones

El almacenamiento de granos importados en zonas tropicales húmedas es una tarea difícil que requiere un buen entendimiento de los procesos físicos y biológicos al interior de la masa de granos, así como buenas prácticas de administración. Los pasos a seguirse incluyen:

1. Controlar la temperatura del grano constantemente.
2. Registrar las temperaturas del grano de tal forma que se pueda dar seguimiento al mismo punto dentro de cada depósito sobre un período extendido.
3. Mantener frío el mayor tiempo posible el grano que llega frío del hemisferio norte.
4. Tomar medidas de inmediato al detectarse un calentamiento del grano.
5. Utilizar el grano que se está calentando antes de que su temperatura alcance los 35° C.
6. Si entra “lluvia al interior del depósito” durante la airación, o si un calentamiento excesivo del espacio superior de aire es un problema, considere utilizar un ventilador de extracción.
7. Controlar constantemente las temperaturas del grano para determinar cuándo comenzar la airación. Si el grano que se está calentando no se puede usar de inmediato, debe airearse hasta que se elimine por completo del depósito el exceso de calor.
 - Use airación para controlar las temperaturas del grano, no para secarlo.
 - Empiece la airación sólo cuando la temperatura del grano está por encima de la temperatura diaria promedio, o si parte de la masa empieza a calentarse.
 - Opere los ventiladores cuando la temperatura del aire es menor que la temperatura diaria promedio, y cuando la humedad relativa es menor que 95%, a menos que haya un punto caliente.
 - Controle constantemente la temperatura del grano para determinar el progreso de los frentes de enfriamiento.
 - Para los trópicos, se recomiendan tasas de flujo de aire no menores de 0,3 m³/min/m³.
 - Para almacenamiento a largo plazo, limite la airación a menos de 30 horas mensuales.

APÉNDICE V. FUMIGACIÓN

El sorgo estadounidense es un producto susceptible a la infestación y puede requerir fumigación si se mantiene almacenado varios meses en condiciones tropicales. La fumigación es cara y potencialmente peligrosa. Una fumigación de granos segura y eficaz requiere de personal capacitado. La información a continuación es de índole general y no tiene como propósito sustituir la capacitación intensiva que deben recibir los fumigadores de granos.

Los fumigantes de granos, bromuro metílico (MeBr_2) y fosfina (PH_3), se usan a veces en países tropicales. Aunque ambos fumigantes matan a los insectos y se utilizan para desinfestar el grano, tienen características muy diferentes.

Fumigantes de fosfina	Fumigantes de bromuro metílico
Tradicionalmente vienen en envases de pélets o tabletas, o en polvo incorporado en paquetes o bolsitas. Las formulaciones nuevas generan PH_3 in situ o portan PH_3 en dióxido de carbono comprimido	Vienen en forma de gas comprimido
Requieren varios días de exposición a los insectos	Requieren unas cuantas horas de exposición a los insectos
Requieren una estructura sellada	Requieren una cámara de vacío o recirculación
Producen PH_3 , con un peso molecular similar al del aire; por lo tanto, se desplazan con las corrientes de aire	Son mucho más pesados que el aire y se desplazan hacia abajo, a menos que se recirculen
No dejan residuos de fosfina en el grano	Pueden dejar residuos inaceptables de bromuro inorgánico si la técnica de fumigación no es adecuada
Se usan normalmente en el almacenamiento de grano crudo	Normalmente se usan en áreas o equipos de procesamiento de granos, o en almacenes
Se absorban lentamente en el grano	Se absorban rápidamente en el grano
Actualmente no están amenazados por convenios internacionales	Actualmente se están retirando progresivamente del mercado debido a su capacidad destructiva potencial de la capa de ozono

A excepción de la fumigación de pequeñas cantidades de grano o de productos de grano en bolsas bajo lonas herméticas al gas en almacenes, las fumigaciones con bromuro metílico son llevadas a cabo por compañías de fumigación. Por contraste, las fumigaciones de PH_3 con frecuencia las llevan a cabo los mismos empleados de la

Apéndice V (continúa)

compañía que maneja los granos. Esto se debe a que los fumigantes de fosfina son fáciles de manejar y aplicar, y ofrecen una seguridad adicional en tanto que los gases tóxicos se toman varias horas en generarse. La siguiente información y recomendaciones se ofrecen con respecto a la fumigación de granos con fumigantes de fosfina.

General

- Tanto las tabletas como los pélets se pueden aplicar con un dispensador mecánico.
- Las tabletas generan 5 veces más gas que los pélets y son más lentas para generar gas.
- El polvo de hidróxido de aluminio o magnesio que queda después que la PH_3 se genera por lo general contiene una cantidad mínima de formulación que no ha reaccionado.
- La velocidad de generación de PH_3 del fumigante que se coloca en la masa de granos depende de la temperatura y contenido de humedad del grano, y por lo general no tiene relación alguna con las condiciones ambientales.
- La fosfina se desplaza fácilmente a través del plástico, del concreto poroso, etc.

Respuesta de los insectos a la fosfina

- La dosis letal depende de la especie, temperatura, duración de la exposición y etapa de la vida del insecto.
- Las exposiciones más largas a 200–500 ppm producen una fumigación mejor que dosis altas con períodos de exposición cortos

Desplazamiento del aire en los depósitos verticales de concreto

- Las corrientes de aire en los depósitos verticales se desplazan hacia arriba si el grano está más caliente que el aire del exterior, pero puede desplazarse hacia abajo si el grano está más frío que el aire.
- La velocidad y dirección del viento afectan la velocidad de escape del fumigante por el espacio de aire encima del grano.
- Los ventiladores de extracción que operan en un silo que forma parte de un bloque de silos interventilados extrae fumigante del depósito fumigado.
- Las aberturas de llenado no selladas en los silos adyacentes al silo fumigado permiten que el gas ingrese en la galería.
- La fosfina ingresa por transportadores en el nivel superior del depósito a través de los tubos de descarga del silo.

Tasa de aplicación

- Calcule la dosis en base al volumen total del depósito.
- Calcule la tasa de aplicación del pélet/tableta en base al régimen de manejo del grano.
- Calibre el aplicador, y sólo aplique la dosis total calculada.

Almacenamiento de fumigantes

- Las áreas para almacenar los fumigantes deben satisfacer las especificaciones en su etiqueta.
- Las áreas de almacenamiento deben estar ventiladas y cerradas con llave.
- Sólo el personal autorizado debe tener acceso.

Depósitos y silos de metal

- A menos que se llene el depósito en menos de dos días, no se debe fumigar a la hora de llenarse.
- Las aberturas a nivel del suelo deben sellarse para mantener el gas fumigante al interior del depósito.
- Una lona impermeabilizada o sábana de plástico sobre la superficie del grano reduce las corrientes de aire que diluyen la concentración de fumigante y lo sacan del depósito.
- La recirculación generalmente es útil.
- Considere contratar a fumigadores profesionales, ya que el sellado es difícil y el potencial de exposición para los trabajadores es alto.

Protección respiratoria

- Máscaras de gas con botes viables deben estar en el lugar durante la aplicación del fumigante.
- Equipos SCBA deben estar a la mano.

Equipo de monitoreo

- Equipos baratos de tubos de vidrio y bomba manual están disponibles para monitorear los niveles de fumigante en las áreas de trabajo.
- Equipos de seguridad para el personal con células electro-químicas y capacidad de registrar datos están disponible para el monitoreo durante la fumigación, y para monitorear la atmósfera antes de ingresar a un espacio cerrado.

Letreros

- La estructura que contiene el grano fumigado debe sellarse y se debe colocar un letrero que anuncie cuándo se puede sacar el grano y cuándo se puede abrir el depósito.
- También deben colocarse anuncios en las áreas de trabajadores que pueden contener fosfina.

Prácticas malas

- No sellar completamente el depósito.
- Basar la dosis del fumigante sobre la cantidad de grano en lugar de sobre el volumen del depósito.
- Operar los ventiladores de airación o extracción durante la fumigación.
- Fumigar en un foso descubierto o en un camión.
- Fumigar el grano en un silo o depósito que requiere más de 2 días para llenar.
- Permitir que el fumigante se acumule en montones.
- Aplicar fumigante en la base del elevador o en un foso de descarga.
- “Almacenar” pélets o tabletas en el aplicador entre fumigaciones.
- Aplicar fumigante en una cámara impelente o distribuidora de aire si agua está presente.

Prácticas buenas

- Mantener los envases de fumigante bien cerrados.
- Abrir cada envase afuera del edificio antes de usarlo.
- Apuntar el envase en dirección opuesta a la cara y al cuerpo al momento de abrirlo.
- Asegurarse de que por lo menos dos personas estén presentes durante la aplicación.





Escrito y Producido por: Carl Reed
International Grains Program
Kansas State University

Para el: U. S. Grain Council
Tel: 202-789-0789
Fax: 202-898-0522
Web Site: www.grains.org
E-mail: grains@grains.org
1400 K St N. W.
Suite 1200
Wash. D.C. 20005



U.S. GRAINS
C O U N C I L