

EFFECTO DE FUNGICIDAS SOBRE LA CONSERVACION DE SEMILLA DE MAIZ
PREVIAMENTE INVADIDA POR HONGOS DE BODEGAJE¹

ERNESTO MORENO MARTINEZ*
JORGE RAMIREZ GONZALEZ*
MANUEL MENDOZA**
GUSTAVO VALENCIA**

Abstract

Seed of maize invaded and non invaded by storage fungi was treated with fungicides, and stored under favourable conditions for the growth of storage fungi.

At 40 and 80 days of storage all the tested fungicides protected seed viability to the same extent, regardless of whether seed was previously invaded by storage fungi or not.

At the end of the 120 days storage period not all the fungicides protected seed viability to the same extent. Lower germinability was observed in the previously invaded seed, compared with the non invaded seed.

Introducción

El combate de los hongos de bodegajes se logra almacenando los granos y semillas, con contenidos de humedad bajos y/o a temperaturas bajas (2, 3). El empleo de variedades resistentes a perder su viabilidad bajo condiciones adversas de almacenamiento (4, 5) y el uso de fungicidas (6) representa alternativas para el combate de estos hongos. Moreno y Vidal (6) encontraron que los fungicidas Benomyl, Captan, Captafol, Clorotalonil y Tiabendazol, a dosis de 750 ppm, protegieron la viabilidad del maíz almacenado durante 150 días en una humedad relativa de 85% ; la semilla tratada con fungicidas mantuvo una germinación de 82-92%, mientras que de la semilla no tratada germinó solamente el 14%.

Considerando que en la investigación antes mencionada, el maíz que utilizaron no estaba invadido por hongos al momento de aplicar los fungicidas, se consideró probar la efectividad de dichos fungicidas tanto en semilla previamente invadida con hongos de bodegaje, como en semilla no invadida, lo que permitiría obtener información sobre las posibilidades y limitaciones del uso de fungicidas en el combate de estos hongos, los que en gran medida son responsables de la pérdida de viabilidad de la semilla de maíz, cuando ésta se almacena bajo condiciones de humedad y temperatura que favorecen su desarrollo (1, 6).

Materiales y métodos

Maíz. Se usó semilla de maíz, H-412, cuya germinación, a su arribo al laboratorio, fue de 99%, el contenido de humedad de 9.7% y el 77% de las semillas presentaban invasión por *Fusarium moniliforme*, no presentando invasión por hongos de bodegaje.

Contenido de Humedad. El contenido de humedad de la semilla fue determinado mediante el método de

¹ Recibido para publicación el 13 de noviembre de 1981.

* Departamento de Botánica, Instituto de Biología

** Laboratorio de Estadística, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. 04510 México, D. F. México.

secado en estufa. En muestras de aproximadamente 10 gramos secadas por 24 horas a 130°C en una estufa de circulación forzada. El contenido de humedad se obtuvo por diferencia de peso y se expresó en porcentaje con base en peso húmedo. El contenido de humedad del lote original de maíz se obtuvo del promedio de diez repeticiones.

Germinación. Para determinar el porcentaje de germinación se colocaron 100 semillas de cada repetición en toallas de papel húmedo, las que se enrollaron y mantuvieron a 27°C, llevándose a cabo los conteos de germinación a los 4 y 7 días. Para determinar la germinación inicial del lote se utilizaron 400 semillas.

Ajuste del contenido de humedad de la semilla. El contenido de humedad de la semilla fue ajustado mediante la adición de agua, de acuerdo a Pixton (7)

Micoflora. Veinticinco semillas de cada repetición fueron desinfectadas superficialmente con hipoclorito de sodio al 2% durante 2 minutos y sembradas en Malta-Sal-Agar (2% de malta, 6% de NaCl y 2% de agar), e incubadas a 27°C hasta que las colonias pudieron ser contadas e identificadas. Los hongos de bodega fueron identificados a nivel de género en el caso de *Penicillium*, y a nivel de grupo en el caso de *Aspergillus*. La micoflora original del lote de maíz se determinó sembrando 100 semillas bajo las mismas condiciones.

Fungicidas. Se probaron seis fungicidas: Benomyl, Captan, Clorotalonil, Carbendazim M, Captafol y Tiabendazol. Los seis fungicidas se aplicaron en "slurry" en una dosis de 750 ppm, la cantidad de agua fue de 7 ml por kg de semilla. Se utilizó el adherente "Spreader Sticker" (DU PONT), a razón de 0.8 ml por kg de maíz.

Almacenamiento de la semilla. El lote inicial de la semilla utilizada en este experimento fue de 18 kg, el cual se dividió en dos lotes iguales, (Lote A y Lote B). El lote A fue ajustado a un contenido de humedad de 16.5% y se almacenó seis días en una temperatura de 27°C para favorecer la invasión de los hongos en bodega; al término de ese periodo se aplicaron los fungicidas. El (Lote B se ajustó a la misma humedad 16.5%), el día en que los fungicidas fueron aplicados. Se seleccionó ese contenido de humedad para favorecer un desarrollo vigoroso de los hongos. Justo antes de aplicar los fungicidas se determinó en cada lote el porcentaje de germinación, el contenido de humedad y la micoflora.

La aplicación de los fungicidas se hizo independientemente y en forma aleatoria para cada una de

las cuatro repeticiones de cada tratamiento. Cada repetición fue de 250 gramos que se almacenaron en cestas perforadas de plástico, las que a su vez se colocaron en cámaras conteniendo una solución saturada de cloruro de potasio para mantener una humedad relativa de 85% (8), lo cual permitió mantener estable el contenido de humedad de la semilla durante el periodo de almacenamiento. Las cincuenta y seis unidades experimentales se distribuyeron completamente al azar, y el experimento se realizó bajo un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Las cámaras con humedad relativa de 85% se mantuvieron en una incubadora con temperatura controlada a 26-27°C. El periodo de almacenamiento fue de 120 días, realizándose muestreos a los 40, 80 y 120 días. En cada muestreo se determinó el porcentaje de germinación, contenido de humedad y micoflora de la semilla, mediante los métodos descritos.

Resultados y discusión

Contenido de humedad. La semilla se mantuvo durante todo el periodo de almacenamiento con un contenido de humedad entre 16.4 y 16.9% (Cuadro 1).

Germinación. Los porcentajes de germinación de la semilla tratada con los diferentes fungicidas, tanto del lote A (invadido) como el lote B (no invadido) se muestran en el Cuadro 2.

De acuerdo con el análisis estadístico de los datos de germinación, los niveles de significancia descriptivos correspondientes a los efectos conjuntos de los tres factores (invasión, tratamientos y tiempo) y de las combinaciones (invasión/tratamientos), (tratamientos/tiempo), (invasión/tiempo) resultaron ser 0.175, 0.0175, 0.00001 y 0.00001, respectivamente, lo cual sugiere que no existe un efecto conjunto de los tres factores pero si de tratamientos con tiempo y de invasión con tiempo. Por lo tanto, se decidió fijar el tiempo para poder determinar la relación entre invasión y tratamientos en cada uno de los periodos de muestreo, 40, 80 y 120 días.

El análisis de varianza para los datos de germinación a los 40 días de almacenamiento no mostró efectos significativos de la interacción entre invasión y tratamientos con un nivel de significancia descriptivo de 0.0175. Tampoco se encontró diferencias significativas entre invadido/no invadido, con un nivel de significancia descriptivo de 0.9995, pero si entre tratamientos, con un nivel de significancia descriptivo de 0.00001. Para detectar las diferencias entre tratamientos se realizó una prueba de contrastes por el mé-

Cuadro 1. Germinación, humedad y microflora de los lotes A y B antes de aplicar los fungicidas.

Lote de semilla ¹	Germinación ² %	Contenido ³ humedad %	Semillas invadidas por hongos /%		
			<i>Fusarium moniliforme</i>	<i>Aspergillus glaucus</i>	<i>Aspergillus tamarii</i>
A	99	16.6	75	2	2
B	100	16.5	80	0	0

1 A. Semilla invadida por hongos de bodegaje; B. semilla no invadida por hongos de bodegaje

2 Promedio de cuatro repeticiones de cien semillas cada una

3 Promedio de cinco repeticiones

Cuadro 2. Germinación (%) de semilla de maíz H-412, invadida (lote A) y no invadida (lote B) con hongos de bodegaje, tratada con fungicidas, almacenada 120 días en una humedad relativa de 85% y a 27°C*.

Tratamiento (750 ppm)	Semilla invadida (Lote A)			Semilla no invadida (Lote B)		
	40 días	80 días	120 días	40 días	80 días	120 días
Benomyl	95	92	52	97	94	54
Captan	97	95	83	97	94	88
Clorotalonil	98	92	76	97	93	91
Carbendazim-M	96	95	72	98	97	89
Captafol	95	93	69	95	96	82
Tiabendazol	96	93	62	98	97	78
Testigo	69	50	27	63	44	26

* Porcentajes de germinación, promedio de 4 repeticiones de 100 semillas cada una

todo de Scheffé, encontrándose que el tratamiento con germinación más baja, Captafol, resultó estadísticamente superior al testigo, con un nivel de significancia descriptivo menor de 0.0005. El tratamiento con germinación más alta, Clorotalonil, resultó estadísticamente igual al tratamiento con germinación más baja, Captafol, con un nivel de significancia descriptivo mayor a 0.25. Por lo tanto, se asume que todos los fungicidas actuaron de igual forma en los lotes A y B, y que la diferencia entre tratamientos está dada por la diferencia entre el testigo y el resto de los tratamientos.

El análisis de varianza de los datos a los 80 días de almacenamiento, al igual que en el período anterior, no mostró efectos significativos de la interacción invasión con tratamientos con un nivel de significancia descriptivo de 0.625, ni diferencias significativas entre

invadido/no invadido con un nivel de significancia descriptivo de 0.75, pero si entre tratamientos con un nivel de significancia descriptivo de 0.00001. Debido a esto último, se llevó a cabo la prueba de contrastes por el método de Scheffé, la cual mostró que el tratamiento con la germinación promedio más baja, Clorotalonil, resultó estadísticamente superior al testigo, con un nivel de significancia descriptivo menor a 0.0005. Por otra parte, el tratamiento con la germinación promedio más alta, Carbendazim-M, resultó estadísticamente igual al tratamiento con promedio de germinación más baja, Clorotalonil, con un nivel de significancia descriptivo mayor de 0.25. Por lo tanto, al igual que en el muestreo anterior, se considera que todos los fungicidas actuaron de igual forma en los lotes A y B, y que la diferencia entre tratamientos está dada por la diferencia entre el testigo y el resto de los tratamientos.

A los 120 días de almacenamiento, el análisis de varianza mostró efectos que se consideraron significativos de la interacción invasión con tratamientos, con un nivel de significancia descriptivo de 0.0175. Por lo tanto se realizó un análisis de varianza por separado para cada uno de los lotes.

Es importante hacer notar, que en el caso de 40 días de almacenamiento el nivel de significancia descriptivo de 0.0175 para los efectos de la interacción (invasión/tratamientos) no se consideró suficientemente extremo para declarar tales efectos como significativos; sin embargo, en este caso a los 120 días, con el mismo nivel, 0.0175, se juzgó que tal efecto se manifestó. Esto se debe a que el valor 0.0175, no es considerado como evidencia contundente en ningún sentido, pero experiencias previas sugieren que los efectos de la interacción bajo estudio son mucho más probable de presentarse en periodos de almacenamiento prolongado, como es el caso de 120 días, y no en periodos relativamente cortos, como el de 40 días.

El análisis de varianza de los datos de germinación de la semilla del lote A (invadido) mostró diferencias significativas entre tratamientos, con un nivel de significancia descriptivo de 0.000001, por lo que se llevó a cabo una prueba de contrastes por el método de Scheffé. Se encontró que el tratamiento con promedio de germinación más bajo, Benomyl, resultó estadísticamente superior al testigo, con un nivel de significancia descriptivo de 0.0075; los tratamientos Benomyl y Tiabendazol, que fueron los que tuvieron los promedios de germinación más bajos, resultaron ser estadísticamente iguales entre sí, con un nivel de significancia descriptivo de 0.0005. Por otra parte, el resto de los tratamientos, Captan, Clorotalonil, Carbendazim-M y Captafol, resultaron estadísticamente iguales entre sí, con un nivel de significancia descriptivo de 0.175 y mejores que los tratamientos Benomyl y Tiabendazol, con un nivel de significancia descriptivo menor a 0.0005. Por lo tanto la germinación de la semilla tratada con los fungicidas fue superior a la del testigo.

El análisis de varianza del lote B (no invadido) mostró diferencias significativas entre tratamientos con un nivel de significancia descriptivo de 0.000001. De la prueba de contrastes de Scheffé se deduce que el tratamiento con la germinación promedio más baja, Benomyl, resultó estadísticamente superior al testigo, con un nivel de significancia descriptivo de 0.00075. El tratamiento con promedio de germinación más alto, Clorotalonil, resultó diferente del tratamiento con promedio de germinación más bajo, Benomyl, con un nivel de significancia descriptivo de 0.00001, pero resultó igual al tratamiento Tiabenda-

zol, con un nivel de significancia descriptivo de 0.175. Por lo expuesto se concluye que los tratamientos Captan, Clorotalonil, Carbendazim-M, Captafol y Tiabendazol pueden considerarse estadísticamente iguales entre sí y superiores a los tratamientos Benomyl y testigo. Todos los tratamientos con fungicidas fueron superiores al tratamiento testigo.

De acuerdo a los resultados a 40 y 80 días de almacenamiento, todos los fungicidas protegieron de igual manera la viabilidad de las semillas, tanto en el lote inicialmente no invadido como en el lote invadido por hongos, en cambio la semilla testigo fue severamente afectada en su poder germinativo por la acción de los hongos.

A los 120 días, en ambos lotes, no todos los fungicidas protegieron de igual manera la viabilidad de las semillas. Hasta este periodo fue cuando se manifestó el efecto del tratamiento previo al que se sometió el lote A con el fin de favorecer la invasión de la semilla por hongos de bodega; efecto que se expresó en un comportamiento diferente de los fungicidas entre los dos lotes de semilla (Cuadro 2). Se observó que los fungicidas sistémicos Benomyl, Carbendazim-M y Tiabendazol, no tuvieron un efecto superior a los no sistémicos. En la semilla del lote A que se almacenó 6 días antes de la aplicación de los fungicidas, seguramente se incrementó la cantidad de inóculo, dadas las condiciones de humedad y temperatura empleada. A su vez, esta puede ser la causa principal de la mayor pérdida de viabilidad de la semilla del lote A, comparada con la viabilidad de la semilla del lote B, a los 120 días.

El nivel de protección de la viabilidad de la semilla, a los 40 y 80 días, se considera aceptable, desde el punto de vista agrícola, para todos los fungicidas. Por otra parte, a los 120 días, solamente con Captan la germinación fue superior al 80% en el lote A, y en el lote B con los fungicidas Captan, Clorotalonil, Carbendazim-M y Captafol.

Micoflora. De la semilla tratada con fungicidas no crecieron hongos en el medio de cultivo, en cambio la semilla no tratada mostró una fuerte invasión de hongos de bodegaje. La semilla testigo del lote A (invadido) presentó 40, 56 y 74% de las semillas invadidas por *Aspergillus glaucus* en los muestreos de 40, 80 y 120 días, respectivamente. Igualmente, en los mismos muestreos, la semilla testigo del lote B (inicialmente no invadida) presentó 55, 42 y 64% de invasión por hongos del mismo grupo.

El que no se manifiesten hongos en las semillas tratadas con fungicidas, no excluye la posibilidad de que los hongos estén presentes; esto seguramente se

debe a que los residuos de fungicida, que no son eliminados con el lavado de hipoclorito que se les da a las semillas antes de sembrarlas en el medio de cultivo, inhiben su desarrollo. Es probable que ese desarrollo de hongos no detectado, el metabolismo propio de la semilla y tal vez algún efecto nocivo de los fungicidas sobre la misma, sean la causa de la pérdida de viabilidad de la semilla almacenada bajo las condiciones de humedad y temperatura aquí probadas, lo anterior requiere más investigación. Estos resultados indican que la aplicación de fungicidas a semilla no invadida por hongos es más efectiva que en semilla ya invadida.

Resumen

Semilla de maíz previamente invadida, así como semilla no invadida por hongos de bodegaje fue tratada con fungicidas, y almacenada bajo condiciones de humedad y temperatura que favorecen el desarrollo de los hongos de almacén.

A los 40 y 80 días de almacenamiento todos los fungicidas probados protegieron al mismo nivel la viabilidad de las semillas, tanto en semilla inicialmente invadida como en semilla no invadida por hongos en bodega. Al final del período de almacenamiento, 120 días, no todos los fungicidas protegieron con la misma efectividad la viabilidad de la semilla. Al final del período de almacenamiento, 120 días, se observó más bajo el poder de germinación de la semilla inicialmente invadida por hongos que el de la semilla no invadida.

Literatura citada

1. CHRISTENSEN, C. M. Micoflora and seed deterioration In: Viability of seeds. E. H.

Roberts (ed) Chapman and Holl LTD. London. 1972. pp. 59-93.

2. CHRISTENSEN, C. M. y KAUFMANN, H. H. Contaminación por hongos almacenados. Editorial Pax-Mex. México 1969. 153 p.

3. CHRISTENSEN, C. M. y KAUFMANN, H. H. Micoflora. In: Storage of cereal grains and their products, ed. C. M. Christensen. American Association of Cereal Chemists St. Paul Minn. 7:145-150. 1974.

4. MORENO, M. E. y CHRISTENSEN, C. M. Differences among lines and varieties of maize in susceptibility to damage by storage fungi. *Phitopathology* 61:498-1500. 1971.

5. MORENO, M. E., MORONES R. y GUTIERREZ, R. Diferencias entre líneas cruzas simples y dobles de maíz en su susceptibilidad al daño por condiciones adversas de almacenamiento. *Turrialba* 28:233-237. 1978.

6. MORENO, M. E. y G. VIDAL. Preserving the viability of stored maize seed with fungicides. *Plant Disease* 65:260-261. 1981.

7. PIXTON, S. W. Moisture content-Its significance and measurement in stored products. *Journal Stored Prod. Research* 3:35-47. 1967.

8. WINK, W. A. y G. R. SEARS. Instrumentation studies LVII. Equilibrium relative humidities above saturated salt solutions at various temperature. *TAPPI* 33(9):96A-99A. 1950.

Reseña de libros

VAN WAMBEKE, A. Calculated soil moisture and temperature regimes of South America. Depart of Agronomy, Cornell University — SCS-USDA. 1981. 25 p. (Appendices).

La temperatura y la precipitación han sido empleadas desde hace tiempo como un criterio de clasificación de suelos. Cuando el concepto de zonalidad estaba en boga, los índices de Lang (PT), Meyer (cociente MS), de Martone (P/T+10) y Thornthwaite (PE y TE) se usaron como características no edáficas relacionadas con la génesis del suelo.

Con la aparición de la Taxonomía de Suelos propuesta por los Estados Unidos de Norteamérica se introdujo por primera vez el clima del suelo como criterio de clasificación. El texto de van Wambeke se desarrolla en este sentido, presentando una figura generalizada de la vasta y heterogénea región sur del continente americano.

De acuerdo con la Taxonomía de Suelos, van Wambeke aplica las definiciones de regímenes de humedad (excluyendo el ácuico) y de regímenes de temperatura. Basado en el hecho de que los cinco regímenes de humedad así descritos no son suficientes para propósitos de interpretación, el autor establece una división posterior de los mismos. Así, los regímenes Udico y Ustico se dividen en dos categorías, de acuerdo a su régimen de temperatura: i) en regiones tropicales de temperatura constante se crean el Tropúdico y Tropústico; ii) en regiones templadas se usan el Tempúdico y el Tempústico.

En el régimen Ustico el autor propone transiciones hacia condiciones más secas o más húmedas, de modo que define los Tropústicos, Arídicos, Típicos y Udicos, así como los Tempústicos Xéricos, Húmedos y Típicos.

En el caso del régimen Xérico se separan el Seco del Típico. Para el régimen Arídico se crean las categorías de Extremadamente Típico y Ligeramente Arídico.

Curiosamente, el autor no modifica los regímenes de temperatura del suelo como ha sido propuesto, por ejemplo, para el Canadá (en donde se incluyen los regímenes Ártico y Subártico) y América del Sur (en donde se ha propuesto la inclusión del régimen Isomegatérmico). Sin embargo, la conversión de valores de temperatura del aire a temperatura del suelo se hace adicionando 2.5°C a la temperatura media ambiente anual, en vez de 1°C como lo propone la Taxonomía de Suelos.

El texto resume la información obtenida de 1.100 estaciones meteorológicas esparcidas en la América del Sur (se da una lista alfabética de ellas por país), utilizando un sistema de computación basado en el modelo matemático desarrollado por Newhall, descrito en el libro en forma somera. Al final se presentan mapas generalizados de regímenes de temperatura, humedad modificados, de Sudamérica.

Esta buena obra de consulta puede ser adquirida mediante solicitud del Program Leader, Soil Management Support Service, Soil Conservation Service, P. O. Box 2890, Washington, D. C. 20013.

ALFREDO ALVARADO
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SAN JOSE, COSTA RICA