

Efecto de los Hongos y Fungicidas en la Preservación de Semillas de Cebada, Almacenadas en Diferentes Humedades Relativas¹

E. Moreno*, N. Contreras*, J. Ramirez*

ABSTRACT

Seed of barley were treated with fungicides and stored under 75, 80 and 85% relative humidities and 26°C, conditions that encourage the growth of storage fungi.

There was almost no difference in seed viability between fungicide-treated and untreated seeds when stored up to 210 days at 75% R.H., and 150 days at 80 and 85% R.H.

According to these results with barley, it seems storage fungi do not play the rapid deteriorative role they play in other seeds, such as maize, where these fungicides are useful in conserving seed viability.

COMPENDIO

Muestras de semilla de cebada fueron tratadas con fungicidas y almacenadas en humedades relativas de 75, 80 y 85% a 26°C, las cuales son condiciones favorables para el desarrollo de los hongos de almacén. Prácticamente, no hubo diferencias entre semillas tratadas con fungicidas y no tratadas en cuanto a la preservación de su poder germinativo, durante el período de almacenamiento de 210 días para las semillas almacenadas en la humedad relativa de 75% y de 150 días para las semillas almacenadas en humedades relativas de 80 y 85%. Estos resultados señalan que los hongos de almacén tienen un papel menos activo en las semillas de cebada que en las semillas de maíz; en estas últimas, los fungicidas sí protegen la viabilidad de las semillas.

INTRODUCCION

El principal factor de calidad de las semillas es su poder germinativo, el cual frecuentemente es afectado por diversos factores, entre ellos, la invasión por hongos del almacén (1).

Recientemente, se ha dado a conocer el uso de fungicidas como una alternativa para la prevención y el combate de los hongos de almacén en semilla de maíz (2, 4, 5).

Al considerar el problema frecuente de la pérdida de viabilidad de la semilla de cebada, se consideró conveniente estudiar cuál podría ser el potencial del uso de los fungicidas en la protección de la viabilidad de estas semillas, así como el papel de los hongos en la reducción del poder germinativo de las semillas de cebada; con este propósito se compararon algunos fungicidas que han tenido éxito en la preservación de las semillas de maíz, almacenadas bajo diferentes condiciones de humedad que ya se ha comprobado favorecen el desarrollo de los hongos.

MATERIALES Y METODOS

Semilla de cebada. Se utilizó semilla de cebada de la variedad Porvenir, con una germinación de 99%, un contenido de humedad de 9.6% y libre de hongos de almacén.

Germinación. Para determinar el porcentaje de germinación de cada unidad experimental se tomaron 200 semillas, las cuales se pusieron a germinar a 26°C, en toallas húmedas de papel. Se hicieron dos recuentos de germinación: a los cuatro y siete días (3).

Contenido de humedad. El contenido de humedad fue determinado empleando el método de secado en estufa recomendado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (8), con una temperatura de 103°C, durante 72 horas. El contenido de humedad se expresa con base en el peso húmedo de la muestra.

Micoflora. Para determinar y clasificar los hongos presentes en las semillas, éstas fueron desinfectadas superficialmente con una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante minuto y medio. Se sembraron cincuenta semillas desinfectadas en malta-sal-agar (MSA) al 6% de cloruro de sodio, colocando veinticinco semillas en cada caja de Petri. La temperatura de incubación fue de 26°C durante siete días, al cabo de los cuales se procedió a contar el número de semillas atacadas por hongos, así como a su identificación.

¹ Recibido para publicación el 5 de setiembre de 1986

* Laboratorio de Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas, Instituto de Biología, UNAM. 04510 México, D.F.

Fungicidas. Los fungicidas que se utilizaron en el experimento fueron: benomyl, captan, clorotalonil, carbendazim^m, captafol y tiabendazol en una dosis de 750 ppm de ingrediente activo. Los seis fungicidas fueron aplicados independientemente a cada unidad experimental mezclando la semilla con el fungicida y agregando 5 ml de agua por kg de semilla (6). A la semilla testigo solamente se le aplicó el agua.

Almacenamiento de las semillas y diseño experimental. Las semillas de cebada fueron almacenadas bajo tres humedades relativas: 75, 80 y 85%; estas humedades fueron mantenidas con soluciones saturadas de cloruro de sodio (NaCl), sulfato de amonio (NH)₄ SO₂ y cloruro de potasio (KCl), respectivamente (9); la temperatura de almacenamiento fue de 26°C

Cada unidad experimental consistía en 100 g de semilla colocada en recipientes de plástico con perforaciones; éstos, a su vez, fueron colocados dentro de cámaras de almacenamiento con las mencionadas humedades relativas. Las unidades experimentales fueron colocadas aleatoriamente en las cámaras bajo un diseño experimental de parcelas divididas. Cada una de las humedades relativas, 75, 80 y 85% fue tomada como un experimento independiente y cada experimento fue realizado con cuatro repeticiones de cien gramos de semilla por tratamiento.

El período de almacenamiento para las humedades relativas de 80 y 85% fue de 150 días, haciendo muestreos cada 50 días. Para la humedad relativa de 75%, el tiempo de almacenamiento fue de 210 días, con muestreos cada 70 días. En cada uno de los muestreos se determinó el porcentaje de germinación, el

contenido de humedad y la micoflora, mediante los métodos descritos anteriormente.

Antes de realizar el análisis estadístico se comprobó, mediante la aplicación de la prueba de homogeneidad de varianza de Bartlett, que los datos obtenidos de las germinaciones siguieran una distribución normal (7).

RESULTADOS Y DISCUSION

Almacenamiento en 75% de humedad relativa

El contenido de humedad de la cebada en equilibrio, con esta humedad relativa, se estableció entre 14.1 y 14.6% (Cuadro 1).

El análisis de varianza de los datos de germinación, durante el periodo de almacenamiento de 210 días, mostró diferencias significativas (0.05) en la interacción tiempo/tratamientos, así como en tiempos de almacenamiento. Por tal razón, se hizo un análisis de varianza de los datos de germinación en cada uno de los tiempos de almacenamiento (70, 140 y 210 días)

El análisis de varianza de los datos de germinación, a los 70 días de almacenamiento, no mostró diferencias significativas entre tratamientos (0.05), por lo que se consideró que todos los tratamientos fueron iguales entre sí, incluyendo al testigo; el porcentaje de germinación de todos ellos se mantuvo arriba del 97%. En cuanto a la micoflora, sólo la semilla testigo presentó una ligera invasión por *A. glaucus* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Germinación y micoflora de semilla de cebada, tratada con fungicidas, almacenada por 210 días, en una Humedad Relativa de 75% A 26°C.

Tratamiento	% Germinación (Días)			% de Semilla invadida por <i>A. glaucus</i> (Días)		
	70	140	210	70	140	210
Benomyl	99 a	80 a	20 b	0	2	4
Captan	98 a	78 a	23 ab	0	0	4
Clorotalonil	98 a	78 a	26 a	0	0	0
Carbendazim ^m	99 a	78 a	25 a	0	0	0
Captafol	98 a	80 a	25 a	0	0	51
Tiabendazol	98 a	80 a	20 b	0	5	38
Testigo	97 a	79 a	25 a	2	94	96

* El contenido de humedad se mantuvo entre 14.1 y 14.6 durante todo el periodo de almacenamiento

A los 140 días de almacenamiento no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, la calidad de la semilla en todos los tratamientos fue afectada, con respecto al muestreo anterior, ya que los porcentajes de germinación fueron de 78-80%. En este período de almacenamiento el porcentaje de invasión por *A. glaucus*, fue alto para el testigo (94%) y bajo para los tratamientos benomyl y tiabendazol: 2 y 5%, respectivamente. El resto de los tratamientos no presentó invasión por hongos de almacén (Cuadro 1).

El análisis de varianza de los datos de germinación a los 210 días de almacenamiento mostró diferencias significativas entre tratamiento (0.05). Por tal razón se procedió a hacer una prueba de rango múltiple de Duncan, la cual indicó que los tratamientos clorotalonil, carbendazim*m, captafol y el testigo (los cuales fueron los tratamientos que presentaron el promedio de germinación más alto), resultaron ser iguales entre sí y superiores a los tratamientos captan, benomyl y tiabendazol. Estos dos últimos tratamientos presentaron los porcentajes de germinación más bajos, resultando ser estadísticamente iguales entre sí e inferiores a todos los demás tratamientos (Cuadro 1). En este período de almacenamiento, aunque se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, las germinaciones de la semilla tratada con los diferentes fungicidas fueron muy bajas; por lo tanto, para fines prácticos, ninguno de los tratamientos funcionó para conservar la viabilidad de la semilla de cebada durante este período de almacenamiento.

Todos los tratamientos presentaron invasión por *A. glaucus* excepto los tratamientos clorotalonil y carbendazim*m. El tratamiento testigo presentó el mayor porcentaje de semillas invadidas: 96%; captafol, 51%, tiabendazol, 38%; y captan y benomyl con solamente el 4% (Cuadro 1).

Almacenamiento en 80% de humedad relativa

El contenido de humedad de la cebada, durante todo el período de almacenamiento de 150 días en la humedad relativa de 80%, se mantuvo entre 15.4 y 15.8% (Cuadro 2).

El análisis de varianza de los datos de germinación del período de almacenamiento de 150 días, mostró diferencias significativas (0.05) en la interacción tiempos/tratamientos y también en el factor tiempo de almacenamiento. Por lo tanto, se procedió a hacer el análisis de varianza de los datos de germinación en cada uno de los tres tiempos de almacenamiento: 50, 100 y 150 días.

El análisis de varianza de los datos de germinación a los 50 días de almacenamiento no mostró diferencias significativas entre tratamientos (0.05). Este hallazgo indica que todos los tratamientos fueron iguales entre sí, incluyendo al testigo; todos mantuvieron su germinación por arriba del 97% (Cuadro 2). Respecto a la micoflora se observó que únicamente el tratamiento testigo presentó una considerable invasión por hongos de almacén (91%); el tratamiento tiabendazol presentó un 5% de semillas invadidas y el resto de los tratamientos no presentó invasión (Cuadro 2).

A los 100 días de almacenamiento el análisis de varianza de los datos de germinación indicó diferencias significativas (0.05) entre tratamientos; por tal razón se efectuó la prueba de contraste de medias de Duncan. Esta prueba mostró que los tratamientos captan, clorotalonil y carbendazim*m—que tuvieron el promedio más alto de germinación— fueron iguales entre sí y superiores a los tratamientos captafol, tiabendazol, benomyl y testigo los cuales resultaron estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 2). El porcentaje de invasión por *A. glaucus* fue igual para los tratamientos testigo y tiabendazol (99%); el tratamiento captafol presentó 61% de invasión y los demás tratamientos no presentaron invasión por hongos de almacén.

A los 150 días de almacenamiento, el análisis de varianza de los datos de germinación mostró diferencias significativas (0.05) entre tratamientos, por lo que se decidió realizar la prueba de rango múltiple de Duncan. Esta prueba mostró que el tratamiento captafol, que presentó el promedio de germinación más alto, fue superior a todos los demás tratamientos y que los tratamientos carbendazim*m y tiabendazol los cuales presentaron el promedio de germinación más bajo, fueron iguales entre sí e inferiores a los tratamientos captafol y testigo y no se diferenciaron de captan, benomyl y clorotalonil (Cuadro 2). En este período de almacenamiento el promedio de germinación del tratamiento testigo fue superior al de algunos tratamientos con fungicidas, lo cual sugiere un efecto fitotóxico de los fungicidas. A pesar de las diferencias estadísticas encontradas entre tratamientos, todos ellos, desde el punto de vista práctico, fueron iguales al testigo. Por ello se deduce que los fungicidas no protegieron la viabilidad de la semilla de cebada.

A los 150 días de almacenamiento, todos los tratamientos presentaron invasión por hongos de almacén. El tratamiento testigo presentó 100% de semillas invadidas; tiabendazol, 95%; captafol, 60%; captan,

Cuadro 2. Germinación y micoflora de semilla de cebada, tratada con fungicidas, almacenada por 150 días, en una Humedad Relativa de 80% a 26°C.

Tratamiento	% Germinación (Días)			% de Semilla invadida por <i>A. glaucus</i> (Días)		
	50	100	150	50	100	150
Benomyl	98 a	82 b	25 abc	0	0	2
Captan	98 a	90 a	27 abc	0	0	4
Clorotalonil	97 a	90 a	24 bc	0	0	1
Carbendazim*m	99 a	90 a	21 c	0	0	1
Captafol	97 a	83 b	33 a	0	61	60
Tiabendazol	97 a	83 b	21 c	5	99	95
Testigo	97 a	80 b	30 ab	91	99	100

* El contenido de humedad se mantuvo entre 15.4 y 15.8 durante todo el periodo de almacenamiento

4%; benomyl, 2%; clorotalonil y carbendazim*m, 1% (Cuadro 2).

Almacenamiento en 85% de humedad relativa

El contenido de humedad de la semilla de cebada se mantuvo a través de los 150 días de almacenamiento entre 16.3 y 17.3% (Cuadro 3).

El análisis de varianza de los datos de germinación efectuado para los 150 días de almacenamiento, mostró diferencias significativas (0.05) en la interacción tiempos/tratamientos: lo mismo en el factor tiempo de almacenamiento y entre tratamientos; por esta razón se efectuó un análisis de varianza de los datos de germinación en cada uno de los tiempos de almacenamiento (50, 100 y 150 días).

En cada uno de los periodos de almacenamiento el análisis de varianza de los datos de germinación mostró diferencias significativas (0.05) entre tratamientos; por tal motivo se efectuó, en cada uno de ellos, una prueba de contraste de medias de Duncan. Esta prueba mostró que, a los 50 días de almacenamiento, todos los tratamientos con fungicidas fueron iguales entre sí y superiores al testigo (Cuadro 3).

A los 100 días de almacenamiento, la prueba de Duncan mostró que: a) el tratamiento clorotalonil el cual presentó el promedio de germinación más alto —fue igual a captan y superior a todos los demás tratamientos; b) los tratamientos carbendazim*m, tiabendazol, benomyl y captafol— los cuales presentaron los promedios de germinación más bajos —resultaron ser iguales entre sí e inferiores a los tratamientos clorotalonil y captan y no pudieron diferenciar-

se del tratamiento testigo, ni éste del tratamiento captan (Cuadro 3). En este periodo de almacenamiento se puede apreciar un ligero efecto protector del tratamiento clorotalonil sobre la viabilidad de la semilla de cebada; sin embargo, todos los tratamientos tuvieron germinaciones por abajo del 85%, lo cual, para fines agrícolas, ya no es aceptable. El porcentaje de invasión por *A. glaucus* fue de 100% para el tratamiento testigo; para tiabendazol, 95%; para benomyl, 74%; para captafol, 46%; para captan, 45%; para clorotalonil, 4% y el tratamiento carbendazim*m no presentó invasión por estos hongos. Tanto la humedad de la semilla (la cual fue alta: 16.3 a 17.3%), como el tiempo de almacenamiento favorecieron en gran medida el desarrollo de estos hongos (Cuadro 3).

A los 150 días de almacenamiento, la prueba de Duncan mostró que: a) el tratamiento captan el cual presentó el promedio de germinación más alto, —fue superior a todos los demás tratamientos; b) los tratamientos carbendazim*m, benomyl y tiabendazol —con los más bajos promedios de germinación— resultaron ser iguales entre sí e inferiores a los demás tratamientos (Cuadro 3). El tratamiento testigo no se diferenció de los tratamientos clorotalonil, captafol, carbendazim*m, benomyl y tiabendazole. Aunque en este periodo de almacenamiento todos los tratamientos con fungicidas mantuvieron germinaciones por arriba del testigo, desde el punto de vista práctico este hallazgo no tiene importancia ya que todos los tratamientos presentaron germinaciones muy bajas. El porcentaje de invasión por *A. glaucus* fue alto para el testigo: 100%; tiabendazol presentó 97% de semillas invadidas; benomyl, 90%; captafol, 83%; captan, 50%; carbendazim*m, 15% y clorotalonil, 5% (Cuadro 3).

El porcentaje de invasión por hongos de almacén que se encontró para este período de almacenamiento y para esta humedad relativa, es más alto que en las otras pruebas de almacenamiento debido a que en 85% de humedad relativa, las semillas alcanzan altos contenidos de humedad, (16.3 a 17.3%), favoreciendo con ello el desarrollo de los hongos. En este período de almacenamiento se constató un ligero efecto protector del tratamiento captan sobre la viabilidad de la semilla de cebada. A pesar de las diferencias estadísticas encontradas entre tratamientos, las germinaciones son tan bajas que, en la práctica, no tienen valor. Por lo tanto, se puede decir que los fungicidas no ejercieron ningún efecto protector en la conservación de la viabilidad de la semilla de cebada.

Los porcentajes de germinación se mantuvieron por arriba del 85% sólo por 50 días en las semillas almacenadas en la humedad relativa de 85%; en la humedad relativa de 80%, tres tratamientos (captan, clorotalonil y carbendazim^{*m}), mantuvieron germinaciones por arriba del 85% a los 100 días de almacenamiento. En la humedad relativa de 75%, estos valores de germinación se mantuvieron por 70 días.

La semilla de cebada tratada y no tratada con fungicidas, prácticamente sufrió el mismo deterioro en los períodos y condiciones de humedad probadas en este experimento, lo cual sugiere que la pérdida de viabilidad no se debe a la acción de los hongos sino a procesos fisiológicos de la semilla. El compor-

tamiento de la semilla de cebada, en relación con el efecto de los hongos, es diferente al de la semilla de maíz ya que en esta última los hongos sí tienen un papel importante en el deterioro biológico del poder germinativo y por lo tanto, al inhibir los fungicidas la actividad de los hongos, esto se manifiesta en la preservación de la viabilidad. No así en el caso de la semilla de cebada, como lo demuestran los resultados obtenidos en esta investigación, ya que tanto en la semilla testigo —con hongos y sin fungicidas— como en la tratada con fungicidas— con una población de hongos muy baja o nula —la viabilidad fue similar.

Respecto a la micoflora, el porcentaje de invasión por hongos de almacén aumentó conforme transcurrió el período de almacenamiento; sin embargo, se observó que, a pesar de que algunos tratamientos presentaron altos porcentajes de invasión por hongos de almacén, las semillas tuvieron los mismos porcentajes de germinación que las semillas que presentaron bajos porcentajes de invasión por hongos.

A mayores contenidos de humedad —15.4 a 17.3% — mayor fue el desarrollo de hongos y los fungicidas no tuvieron el mismo patrón de comportamiento que en humedades menores; esto puede deberse a que se requiere una mayor dosis de ingrediente activo o bien a una degradación del fungicida por la alta humedad.

Cuadro 3. Germinación y micoflora de semilla de cebada, tratada con fungicidas, almacenadas por 150 días, en una Humedad Relativa de 85% a 26°C.

Tratamiento	% Germinación (Días)			% de semilla invadida por <i>A. glaucus</i> (Días)		
	50	100	150	50	100	150
Benomyl	97 a	63 c	7 c	48	74	90
Captan	97 a	71 ab	16 a	1	45	50
Clorotalonil	97 a	74 a	11 b	0	4	5
Carbendazim ^{*m}	99 a	64 c	8 c	0	0	15
Captafol	95 a	62 c	11 b	17	46	83
Tiabendazol	95 a	64 c	7 c	56	95	97
Testigo	90 b	67 bc	10 bc	98	100	100

* El contenido de humedad se mantuvo entre 16.3 y 17.3 durante todo el período de almacenamiento.

LITERATURA CITADA

1. CHRISTENSEN, C.M.; KAUFMANN, H.H. 1969. Contaminación por hongos almacenados. México, Pax-Mex. 153 p.
2. MORENO, M.E.; RAMIREZ, G.J.; MENDOZA, M.; VALENCIA, G. 1982. Efecto de fungicidas sobre la conservación de semilla de maíz previamente invadida por hongos de bodegaje. Turrialba 32(2): 97-101.
3. MORENO, M.E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología, UNAM, México 383 p.
4. MORENO, M.E.; MANDUJANO, W.L.; MENDOZA, M.; VALENCIA, G. 1985. Use of fungicides for corn seed viability preservation. Seed Science and Technology 13:235-241.
5. MORENO, M.E.; RAMIREZ, G.J. 1985. Protective effect of fungicides on corn seed stored with low and high moisture contents. Seed Science and Technology 13:285-290.
6. NEERGARD, P. 1977. Seed pathology. Great Britain. The MacMillan Press Ltd. 1:600.
7. STEEL, G.D.R.; TORRIE, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. USA. MacGraw-Hill Book Company, p. 187-189.
8. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1979. Grain equipment manual G.R.: 916-6. Federal Grain Inspection Service, Standardization Division, Richards-Geabayer A.F.B., Kansas City, Mo.
9. WINK, W.A.; SEARS, G.R. 1950. Instrumentation studies LVII. Equilibrium relative humidities above saturated salt solutions at various temperature. TAPPI 33(9):96A-99A.

Notas y Comentarios

Estudio de las raíces con televisión

Un informe presentado en la reunión anual de la AAAS, celebrada en febrero de 1987 en Chicago, da cuenta cómo cámaras de video enterradas entre las raíces de campos de cultivo han registrado reacciones 12 veces más profundas de lo que cualquiera creía posible hasta ahora, entre las raíces y los pequeños insectos primitivos conocidos como colémbolos. Los colémbolos degradan la materia orgánica y forman sustancias que los hongos y bacterias pueden consumir.

Tradicionalmente, los investigadores estudiaban los colémbolos tomando muestras de suelo en los prime-

ros 20 centímetros de la superficie. Creían que la materia orgánica necesaria para estos animales estaba en la capa arable. Dos científicos de la Michigan State University, en East Lansing, registraron con el video a los animales hasta una profundidad de 2.5 metros. "Conforme las raíces se abren camino a través del suelo, los animales pueden dirigirse más abajo", dice Richard Snider, profesor de zoología.

Grandes números de colémbolos aparecen emigrando a profundidades más grandes durante el período de temperaturas extremas en verano y en invierno. Alvin Smucker, profesor de ciencias agrícolas, dice que "la inmensa falta de comprensión de los sistemas de raíces ha impedido roturas de frente en la productividad vegetal". A. G.