

Germinación de la semilla de cuatro variedades de trigo (*Triticum* spp. L.). *in vitro*

María de los Ángeles Velázquez Barrón¹
Guillermo Fuentes Dávila²

RESUMEN

Previo a estudiar la posible producción de fitoalexinas, en semillas germinadas *in vitro* de trigo harinero Bacanora T-88, Tepoca M-89 y trigo cristalino Altar C-84 y Aconchi C-89, se evaluaron los tratamientos: hipoclorito de sodio (3-6%), agar (1.5, 2, 2.5, 3%), volumen del agar (3, 6, 9 mL), tipo de caja de Petri (vidrio y plástico), temperatura (12, 24, 31°C) y fotoperíodo (16 h luz-8 h oscuridad y 12 h luz-12 h oscuridad), determinándose longitud de raíz y parte aérea de plántulas a los 10 días de germinación. La desinfección completa y germinación se logró con cloro 4%. Para concentración de agar, Tepoca mostró mayor longitud de raíz y plántula. No hubo diferencias entre tratamientos para grosor de agar. Para tipo de caja Petri, Aconchi tuvo menor longitud de raíz siendo estadísticamente diferente y para plántula la diferencia fué pequeña en ambos tipos. Altar mostró mejor tolerancia a la temperatura de incubación, siendo diferente estadísticamente a las otras variedades, excepto Aconchi en longitud de raíz. Los

tratamientos fueron estadísticamente diferentes, aunque las diferencias tanto en longitud de raíz y parte aérea entre 24 y 31°C fueron menores que a 12°C. Aunque no hubo diferencias estadísticas para fotoperíodo, el mayor crecimiento se presentó a 16 h de luz.

Palabras clave: Trigo harinero, trigo cristalino, Bacanora T-88, Tepoca M-89, Altar C-84, Aconchi C-89.

ABSTRACT

Previous to study the possible production of phytoalexins, to germinate seeds *in vitro* of bread wheats Bacanora T-88 and Tepoca M-89, and durum wheats Altar C-84 and Aconchi C-89, the following treatments were evaluated: sodium hypochlorite (3-6%), agar concentration (1.5, 2, 2.5, 3%), agar volume (3, 6, 9 mL), type of plate (glass and plastic), temperature (12, 24, 31°C), and photoperiod (16 h light - 8 h darkness, and 12 h light-12 h darkness). The length of root and

¹ Instituto Tecnológico de Sonora, División de Ingeniería y Ciencias Biológicas, 5 de Febrero 818 Sur, Cd. Obregón, Sonora, México CP 85000.

² CIMMYT, km 12 Norman E. Borlaug entre 800 y 900 Valle del Yaqui, Apdo. Postal 140, Cd. Obregón, Sonora, México CP 85000 (Dirección actual: INIFAP, Campo Experimental Valle del Yaqui, Apdo. Postal 155). Correo electrónico: guillermofuentes_davila@hotmail.com

seedlings was recorded after a 10 day germination. Complete disinfection and germination was obtained with sodium hypochlorite 4%. For agar concentration, Tepoca showed the greatest root and seedling length. There were no differences among treatments for agar depth. For plate type, Aconchi had the lowest root length and it was statistically different, and for seedling length the difference was small in both types of plates. Altar showed the best tolerance to the temperature of germination, being statistically different to the other cultivars, except to Aconchi in root length. Treatments were statistically different; although differences in root length and seedling between 24 and 31°C were smaller than at 12°C. There were no statistical differences for photoperiod, however, the greatest growth occurred with 16 h light.

Key words: Bread wheat, Durum wheat, Bacanora T-88, Tepoca M-89, Altar C-84, Aconchi C-89.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum* spp. L.) es uno de los cultivos alimenticios que más se cultivan a nivel mundial ocupando alrededor de 240 millones de ha (Curtis, 2002) y una producción de casi 600 millones de toneladas métricas (FAO, 2002). El 37% de la población lo utiliza como su principal cereal, aportando alrededor de 20% de las calorías consumidas por el hombre. Entre sus compuestos nutricionales más importantes está la proteína, cuyo contenido varía entre 6 a 25% (Blackman y Payne, 1987). También, contiene carbohidratos principalmente almidón, minerales, vitaminas y lípidos (Briggle, 1980). En México, el trigo se siembra en casi todos los Estados y se adapta tanto a tierras pobres en nutrientes, como a tierras ricas, zonas húmedas,

semi-áridas y áridas; las zonas trigueras más importantes en México son: Sonora, Sinaloa, Baja California (Norte y Sur), el Bajío y Valles Altos en la parte central de México. En el 2005, se sembraron 635,000 ha (INEGI, 2006).

El carbón parcial (*Tilletia indica* Mitra) es una de las enfermedades del grano de trigo más importante en el noroeste de México. Los síntomas se presentan después del estado masoso del grano; no todas las espigas de la planta, ni todos los granos de una espiga son infectados, encontrándose ambos distribuidos al azar (Fuentes-Dávila, 1997). Cuando lotes de grano infectado exceden el 3%, se afectan las características organolépticas de la harina (Peña *et al.*, 1992). Las regulaciones y cuarentenas establecidas, tanto nacionales como internacionales, afectan la economía de los agricultores y productores de semilla, así como el intercambio de germoplasma experimental (Brennan *et al.*, 1992; Delgado, 1984; SARH, 1987, 1995).

Se han identificado fuentes de resistencia genética mediante inoculaciones artificiales en campo (Fuentes-Dávila y Rajaram, 1994), las cuales se están utilizando como progenitores en programas de mejoramiento, dando lugar a la liberación de algunas variedades comerciales de trigo harinero con tolerancia al carbón parcial (Barreras, 1995; Camacho *et al.*, 1993; 1998). A pesar de estos avances y que estudios genéticos indican que son 8 los genes que confieren resistencia (Fuentes-Dávila *et al.*, 1995), se desconocen aún los mecanismos de dicha resistencia.

Las fitoalexinas son compuestos antimicrobianos de bajo peso molecular, sintetizados y acumulados

en la planta después de su exposición a microorganismos o estímulos similares (Darvill y Albersheim, 1984). En plantas resistentes la acumulación de fitoalexinas inhibe el crecimiento de hongos, y tiene efectos bacteriostáticos y bactericidas (Smith, 1982). La pared celular de algunos hongos funciona como estimulador exógeno para la producción de fitoalexinas, ya que contiene β -glucanos los cuales pueden ser filtrado de cultivos fúngicos (Cano-Camacho, 1993). Existen métodos de preparación de estimuladores de la producción de fitoalexinas basados en filtrar el medio de cultivo en donde crecen los hongos o por tratamiento con calor de la pared celular del hongo. Las plantas pueden reconocer fragmentos oligosacáridos de las paredes celulares fúngicas liberados por las enzimas presentes constitutivamente en la paredes celulares vegetales (β -glucanasas y quitinasas). La producción de fitoalexinas como respuesta de defensa química inducida, plantea interesantes alternativas para la prevención de enfermedades provocadas por patógenos en las plantas. Además, tiene la ventaja de usarse como sustituto de pesticidas sintéticos y por ser de origen biológico no dejarían residuos y serían biodegradables; por tal motivo, resulta importante el estudio de las fitoalexinas, ya que abre paso a nuevas investigaciones para inducir defensas en las plantas y disminuir el riesgo de enfermedades causadas principalmente por microorganismos patógenos (Lozoya *et al.*, 1991).

Ya que se han identificado líneas y variedades de trigo tolerantes y susceptibles al carbón parcial (Fuentes-Dávila, 1992; Fuentes-Dávila *et al.*, 1993; Fuentes-Dávila y Rajaram, 1994), el objetivo de este estudio, previo a tratar de determinar la

posible producción de fitoalexinas (Velásquez-Barrón *et al.*, 2006), fue establecer la concentración óptima de hipoclorito de sodio para la desinfección de la semilla, así como las concentraciones óptimas de agar, volumen de agar, temperatura óptima, fotoperíodo y tipo de caja Petri para la germinación *in vitro* de la semilla de las variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) y susceptibles al carbón parcial Bacanora T-88, Tepoca M-89, así como de las variedades tolerantes de trigo cristalino (*Triticum durum* Desf.) Altar C-84 y Aconchi C-89.

MATERIALES Y MÉTODOS

Germinación *in vitro* de la semilla de trigo

Localización de los experimentos y descripción de las variedades evaluadas

El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Fitopatología del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), ubicado en el Centro de Investigación Regional del Noroeste (CIRNO), municipio de Cajeme en el estado de Sonora. Se utilizaron dos variedades susceptibles al carbón parcial: Bacanora T-88, y Tepoca M-89 de tipo harinero y dos variedades tolerantes: Altar C-84 y Aconchi C-89 de tipo cristalino. Se utilizaron cinco repeticiones de cada variedad con diez semillas. En cada repetición se evaluó la longitud de la parte aérea, así como de la raíz a los diez días después de la siembra.

Descripción de los tratamientos y análisis estadísticos

Los tratamientos evaluados en la germinación de la semilla fueron: Concentración de cloro: hipo-

clorito de sodio al 3, 4, 5 y 6% de ingrediente activo; concentración de agar: agar bacteriológico al 1.5, 2, 2.5 y 3%; volumen de la capa de agar en cajas de Petri con 3, 6 y 9 mL; tipo de caja: caja Petri de plástico y de vidrio; temperatura de incubación: 12, 24 y 31°C; fotoperíodo: 16 horas luz - 8 horas oscuridad y 12 horas luz y 12 horas oscuridad. Se estudió cada factor por separado y se incluyen plántulas testigo sólo en el tratamiento con hipoclorito de sodio. El diseño utilizado fue de bloques al azar y el análisis estadístico se hizo utilizando el sistema SAS (Sistema de Análisis Estadístico). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de diferencia mínima significativa ($p = 0.05$).

Desinfección y siembra

Se seleccionaron semillas sanas y se colocaron en vasos de precipitado de 250 mL con 100 mL de agua destilada, se dejaron en imbibición durante 24 h aproximadamente. Posteriormente, se decantó el agua y se lavaron con detergente comercial; para eliminar la tierra adherida, las semillas se tallaron haciendo presión con las manos, enjuagándose varias veces con agua destilada. Las semillas previamente lavadas, se colocaron en tubos con tapón de rosca con 5 mL de hipoclorito de sodio y se agitaron durante diez minutos; luego se decantó el

hipoclorito de sodio y se enjuagaron con agua destilada estéril para eliminar los residuos del cloro, repitiendo tres veces el proceso de desinfección. Una vez desinfectadas las semillas, se colocaron en cajas Petri de plástico y con la ayuda de una espátula previamente flameada, se sembraron en agar-agua colocando el área del embrión en con-

tacto con el agar. Con la excepción de los tratamientos especificados, las semillas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 4% y se sembraron en cajas Petri de vidrio con 6 mL de agar al 2%.

En México, el trigo se siembra en casi todos los Estados y se adapta tanto a tierras pobres en nutrientes, como a tierras ricas, zonas húmedas, semi-áridas y áridas; las zonas trigueras más importantes en México son: Sonora, Sinaloa, Baja California (Norte y Sur), el Bajío y Valles Altos en la parte central de México. En el 2005, se sembraron 635,000 ha (INEGI, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de cloro

A los diez días de incubación, las plántulas del tratamiento testigo de las cuatro variedades de trigo presentaron buen desarrollo tanto de la raíz como de la parte aérea; sin embargo, tuvieron 100% de contaminación, debido a que se sembraron en el agar sin antes recibir tratamiento de desinfección, por lo que todas

las semillas se contaminaron con hongos y bacterias. Las semillas tratadas con 3% de NaClO mostraron 76, 60, 50 y 46% de contaminación para Tepoca, Aconchi, Altar y Bacanora, respectivamente. La desinfección con 4% de NaClO inhibió el desarrollo y proliferación de microorganismos

contaminantes principalmente bacterias y hongos; con 5 y 6%, también se logró la desinfección pero el porcentaje de semillas germinadas fué menor y las plántulas fueron anormales (Figs. 1 y 2). La contaminación de las semillas de cada variedad depende de la cantidad y tipo de microorganismos presentes en la misma. El cloro y sus compuestos se usan ampliamente para la desinfección, debido a que es tóxico para la mayoría de microorganismos ya que detiene la actividad metabólica (Tebbutt, 1995).

La desinfección prolongada puede producir efectos negativos sobre el explante (Pierik, 1990), por lo que puede dañar al embrión, provocando crecimiento anormal de las plántulas o afectar completamente la germinación de las semillas. La germinación de las semillas de Bacanora, Tepoca y Aconchi fue afectada por la desinfección con 5% de hipoclorito sodio, con germinación de 86-94% (Tabla 1). La desinfección con 6% de NaClO afectó

Tabla I. Porcentaje de germinación de semillas de cuatro variedades de trigo desinfectadas con cuatro concentraciones de hipoclorito de sodio.

Variedades	Testigo	Concentración de hipoclorito de sodio (%)			
		3	4	5	6
Bacanora T-88 ^y	100	100	100	92	84
Tepoca M-89 ^y	100	100	100	86	68
Altar C-84 ^z	100	100	100	100	68
Aconchi C-89 ^z	100	100	100	94	76

^y Variedades de trigo harinero.

^z Variedades de trigo cristalino.

Figura 1. Germinación de la semilla de la variedad de trigo harinero (*Triticum aestivum*) Tepoca M-89 después del tratamiento con hipoclorito de sodio al 5%.

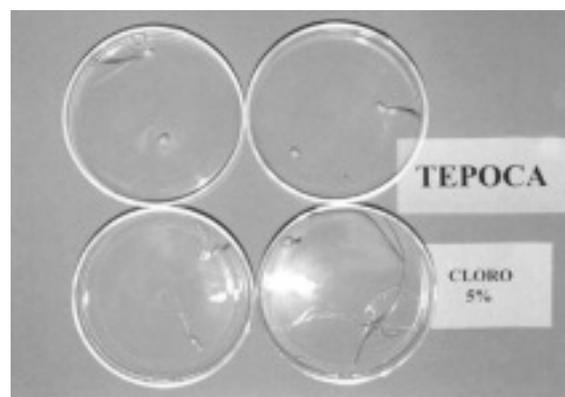


Figura 2. Germinación de la semilla de la variedad de trigo cristalino (*Triticum durum*) Altar C-84 después del tratamiento con hipoclorito de sodio al 6%.



Tabla II. Longitud de raíz y parte aérea en plántulas de cuatro variedades de trigo, desinfectadas con hipoclorito de sodio al 3, 4, 5 y 6%, a los diez días de germinación.

Variedad	Concentración de hipoclorito de sodio (%)					Media ^Z
	Testigo	3	4	5	6	
Longitud de raíz (cm)						
Bacanora T-88 ^x	17.29	15.41	12.73	9.84	7.22	12.50a
Tepoca M-89 ^x	19.63	8.38	8.66	5.88	3.66	9.25c
Altar C-84 ^y	16.10	13.18	11.37	8.37	5.31	10.87b
Aconchi C-89 ^y	15.78	13.43	12.72	10.07	7.8	11.96a
Media	17.20a	12.61b	11.38c	8.54d	6.00e	
Longitud de la parte aérea (cm)						
Bacanora T-88	13.49	11.55	10.73	9.74	7.32	10.57a
Tepoca M-89	12.66	9.47	7.34	5.25	3.44	7.63b
Altar C-84	13.23	13.07	12.10	8.47	6.69	10.71a
Aconchi C-89	13.88	11.60	10.50	8.10	6.43	10.11a
Media	13.22a	11.43b	10.17c	7.89d	5.97e	

^x Variedades de trigo harinero.

^y Variedades de trigo cristalino.

^Z Números con la misma letra no son diferentes estadísticamente. Diferencia mínima significativa para raíz 1.02 (variedad) y 1.14 (tratamiento), P=0.05; DMS para plántula 0.83 (variedad) y 0.93 (tratamiento), P=0.05.

tó más la germinación a las semillas de las cuatro variedades, obteniendo 68-84% de germinación. Las plántulas de Bacanora y Aconchi presentaron mayor longitud de raíz (Tabla 2). Tepoca invariablemente mostró los valores más bajos de longitud, tanto de raíz como de la parte aérea en las diferentes concentraciones evaluadas, evidencia de sensibilidad al desinfectante. Todos los tratamientos fueron diferentes estadísticamente, obteniendo menor desarrollo de raíz y parte aérea al incrementar la concentración de hipoclorito de

sodio. Aunque el mayor crecimiento se obtuvo en las plántulas del tratamiento testigo, no se considera adecuado porque se obtuvo un 100% de contaminación.

Concentración de agar

La germinación de las semillas en estos tratamientos alcanzó el 100%. Tepoca mostró alta sensibilidad al contacto con el agar y a 100% de humedad relativa, al tener diferencias estadísticas con las otras variedades y produciendo una mayor longi-

tud de raíz y parte aérea (Tabla 3). La diferencia en longitud de raíz y parte aérea entre las variedades fué estadísticamente significativa. No hubo diferencias estadísticas entre concentración de agar para longitud de parte aérea, y sólo la concentración de 1.5 y 2.5% fueron diferentes para longitud de raíz, por lo que 1.5 % de agar es la cantidad más adecuada, ya que ahorra agar. El agar es un derivado de una alga marina, usado como agente gelificante en la mayoría de los medios nutritivos que no contiene materiales tóxicos (Pierik, 1990). El agar disuelto en el medio de cultivo forma un gel

capaz de retener el agua; cuanto mayor es la concentración de agar, mayor es la fuerza con la que el agua se retiene (Pierik, 1990); sin embargo, con las concentraciones evaluadas, quizás no modificó el porcentaje de humedad relativa dentro de la caja Petri y el efecto en el espacio fue mínimo o nulo.

Cantidad de medio de cultivo, grosor de la capa de agar

El porcentaje de germinación de semillas en estos tratamientos fué de 100. No se observaron diferencias estadísticas entre las tres cantidades de

Tabla III. Longitud de raíz y parte aérea de plántulas de cuatro variedades de trigo, en medio de cultivo con 1.5, 2, 2.5 y 3% de agar, a los diez días de germinación.

Variedad	Concentración del agar (%)				Media ^z
	1.5	2	2.5	3	
	Longitud de raíz (cm)				
Bacanora T-88 ^x	10.91	8.28	7.93	7.06	8.55c
Tepoca M-89 ^x	20.41	19.64	17.61	20.96	19.66a
Altar C-84 ^y	12.36	12.21	9.03	11.73	11.34b
Aconchi C-89 ^y	10.42	9.59	14.10	13.42	11.89b
Media	13.53 ^a	12.44ab	12.17b	13.29ab	
	Longitud de la parte aérea (cm)				
Bacanora T-88	9.84	9.77	10.09	9.48	9.79ab
Tepoca M-89	9.29	9.87	9.24	11.21	9.91a
Altar C-84	10.34	8.37	7.80	7.39	8.48c
Aconchi C-89	9.13	8.24	9.74	9.05	9.04bc
Media	9.65a	9.07a	9.22a	9.29a	

^x Variedades de trigo harinero.

^y Variedades de trigo cristalino.

^z Números con la misma letra no son diferentes estadísticamente. Diferencia mínima significativa para raíz 1.02 (variedad) y 1.14 (tratamiento), P=0.05; DMS para plántula 0.83 (variedad) y 0.93 (tratamiento), P=0.05.

Tabla IV. Longitud de raíz y parte aérea de plántulas de cuatro variedades de trigo, en cajas con 3, 6, y 9 mL de medio de cultivo, a los diez días de germinación.

Variedad	Cantidad de medio de cultivo (mL)			Media ^z
	3	6	9	
Longitud de raíz (cm)				
Bacanora T-88 ^x	16.94	12.65	15.01	14.87b
Tepoca M-89 ^x	16.74	15.64	15.14	15.84ab
Altar C-84 ^y	14.67	14.89	15.27	14.95b
Aconchi C-89 ^y	15.95	19.01	16.10	17.02a
Media	16.08a	15.55a	15.38a	
Longitud de la parte aérea (cm)				
Bacanora T-88	11.61	10.55	11.07	11.08b
Tepoca M-89	9.17	9.85	8.94	9.32c
Altar C-84	9.87	11.81	11.66	11.12b
Aconchi C-89	11.74	13.42	12.72	12.63a
Media	10.60a	11.41a		

^x Variedades de trigo harinero.

^y Variedades de trigo cristalino.

^z Números con la misma letra, no son diferentes estadísticamente. Diferencia mínima significativa para raíz 1.7 (variedad) y 1.47 (tratamiento), P=0.05; DMS para plántula 0.96 (variedad) y 0.83 (tratamiento), P=0.05.

medio de cultivo para longitud de raíz y parte aérea de las plántulas, quizás porque el sustrato no modificó el porcentaje de humedad relativa dentro del recipiente y el efecto en el espacio fue mínimo o nulo (Tabla 4), por lo que utilizar 3 mL de medio de cultivo representa menos gasto. Las plántulas de la variedad Aconchi presentaron mejor crecimiento con una media en longitud de la raíz de 17.02 y 12.63 cm de la parte aérea.

Tipos de caja Petri

El porcentaje de germinación de las semillas de las cuatro variedades fué de 100. Las plántulas de la variedad Aconchi mostraron menor desarrollo, siendo estadísticamente diferente a las otras tres variedades (Tabla 5). La diferencia en longitud de la parte aérea fue pequeña entre los dos tipos de caja Petri. El período de cultivo fue corto, por lo que la evaporación del agua y la desecación del

medio de cultivo fueron mínimas, y no ocasionaron efectos importantes en el desarrollo de la raíz o la parte aérea. La caja de vidrio tiene la ventaja de que es más duradera y puede ser esterilizada mediante varios agentes físicos y químicos, por lo que se recomienda usar vidrio Pyrex o un vidrio similar de borosilicato. La desventaja de las cajas de vidrio barato, de baja calidad, es que puede liberar cationes tóxicos al medio, como por ejemplo sodio, plomo y arsénico. El vidrio pyrex se recomienda especialmente para el trabajo con pro-

toplastos, cultivo de células aisladas y cultivo de meristemas (Pierik, 1990). La caja de plástico tiene una vida útil limitada y no puede esterilizarse en autoclave, pero existen materiales de plástico desechables que son baratos. El plástico que puede ser esterilizado, como el caso mediante luz ultravioleta, es más caro, su duración depende de su resistencia al calor y a los detergentes; también, tiene la desventaja que produce etileno, el cual si se acumula puede producir efectos perjudiciales (Pierik, 1990).

Tabla V. Longitud de raíz y parte aérea de plántulas de cuatro variedades de trigo, cultivadas en cajas Petri de vidrio y plástico, a los diez días de germinación.

Variedad	Tipo de caja Petri		
	Vidrio	Plástico	Media ^Z
Longitud de raíz (cm)			
Bacanora T-88 ^X	14.09	14.51	14.31a
Tepoca M-89 ^X	15.96	15.37	15.67a
Altar C-84 ^Y	14.54	16.32	15.44a
Aconchi C-89 ^Y	12.70	11.90	12.31b
Media	14.33a	14.53a	
Longitud de la parte aérea (cm)			
Bacanora T-88	11.23	12.60	11.91a
Tepoca M-89	11.65	11.12	11.39ab
Altar C-84	12.31	12.46	12.39a
Aconchi C-89	10.41	10.48	10.45b
Media	11.40a	11.67b	

^X Variedades de trigo harinero.
^Y Variedades de trigo cristalino.
^Z Números con la misma letra, no son diferentes estadísticamente.
diferencia mínima significativa para raíz 1.4 (variedad) y 0.99 (tratamiento), P = 0.05; DMS para plántula 1.12 (variedad) y 0.79 (tratamiento), P = 0.05.

Tabla VI. Longitud de raíz y parte aérea de plántulas de cuatro variedades de trigo, a temperaturas de 12, 24 y 31°C, a los diez días de germinación.

Variedad	Temperatura (°C)			Media ^z
	12	24	31	
Longitud de raíz (cm)				
Bacanora T-88 ^x	3.37	11.21	14.29	9.76c
Tepoca M-89 ^x	8.87	13.42	16.26	12.85b
Altar C-84 ^y	11.44	18.54	12.75	14.25a
Aconchi C-89 ^y	9.31	17.76	12.83	13.30ab
Media	8.35c	15.23a	14.04b	
Longitud de la parte aérea (cm)				
Bacanora T-88	3.49	9.87	13.52	8.96bc
Tepoca M-89	7.33	9.78	11.78	9.64b
Altar C-84	8.41	12.66	10.35	10.47a
Aconchi C-89	5.62	10.12	10.25	8.67c
Media	6.22c	10.61b	11.48a	

^x Variedades de trigo harinero.

^y Variedades de trigo cristalino.

^z Números con la misma letra, no son diferentes estadísticamente. Diferencia mínima significativa para raíz 1.16 (variedad) y 1.0 (tratamiento), P=0.05; DMS para plántula 0.84 (variedad) y 0.73 (tratamiento), P=0.05.

Temperatura de cultivo

La germinación de la semilla en estos tratamientos fué de 100%. Altar mostró mejor tolerancia y desarrollo a la temperatura de germinación, siendo diferente estadísticamente a las otras variedades, con la excepción de Aconchi en longitud de raíz (Tabla 6). Los tratamientos fueron estadísticamente diferentes, ya que la temperatura afecta directamente los procesos enzimáticos relacionados con la germinación de la semilla; aunque las diferencias en longitud tanto de raíz como de plántula entre 24 y 31°C fueron menores que a 12°C. Las

variedades de trigo harinero mostraron consistentemente mejor crecimiento a 31°C, mientras que las de trigo duro a 24°C, con la excepción del desarrollo de plántula de Aconchi, la cual fue similar a ambas temperaturas. Esta respuesta del trigo harinero, no se apega a la óptima media reportada para trigo, la cual fluctúa entre 20 y 25°C (Grahl, 1965); sin embargo, la temperatura óptima para que se lleve a cabo la fotosíntesis está entre 26-30°C (Rojas y Róvalo, 1985), teniendo un efecto importante en el desarrollo de plántulas *in vitro*.

Fotoperíodo de cultivo

El porcentaje de germinación fué de 100. Las cuatro variedades mostraron reacción similar a los fotoperíodos, por lo que no hubo diferencias estadísticas (Tabla 7). Sin embargo, los tratamientos tuvieron un efecto diferente en las variedades, presentándose mayor crecimiento a la exposición de 16 h de luz. Este factor es esencial para que la planta sintetice clorofila, y constituye la energía primaria que la clorofila transformará en energía química. La falta de luz ocasiona clorosis en la planta (Rojas y Róvalo, 1985).

CONCLUSIONES

La desinfección y germinación de la semilla de las variedades Bacanora T-88, Tepoca M-89, Altar C-84 y Aconchi C-89 se logró a una concentración de hipoclorito de sodio del 4%. El desarrollo de la raíz y la parte aérea de la plántula se ven afectadas a medida que se incrementa la concentración del hipoclorito de sodio.

La concentración de agar tuvo poco efecto en la germinación de las semillas y en el desarrollo de

Tabla VII. Longitud de raíz y parte aérea de plántulas de cuatro variedades de trigo, bajo fotoperíodos de 16 h luz/8 h oscuridad, y 12 h luz/12 h oscuridad, a los diez días de germinación.

Variedad	Fotoperiodos		
	16/8	12/12	Media ^z
Longitud de raíz (cm)			
Bacanora T-88 ^x	15.42	11.01	13.22a
Tepoca M-89 ^x	13.08	12.95	13.02a
Altar C-84 ^y	17.26	11.48	14.38a
Aconchi C-89 ^y	14.52	12.72	13.62a
Media	15.08a	12.05b	
Longitud de la parte aérea (cm)			
Bacanora T-88	10.93	8.61	9.77a
Tepoca M-89	9.81	8.21	9.01a
Altar C-84	12.08	7.76	9.93a
Aconchi C-89	9.60	8.54	9.07a
Media	10.61a	8.28b	

^xVariedades de trigo harinero.

^yVariedades de trigo cristalino.

^zNúmeros con la misma letra, no son diferentes estadísticamente. Diferencia mínima significativa para raíz 1.78 (variedad) y 1.26 (tratamiento), P=0.05; DMS para plántula 1.18 (variedad) y 0.84 (tratamiento), P=0.05.

las plántulas, aunque Tepoca tuvo una mejor respuesta a este tratamiento; la concentración de 1.5% de agar es la más adecuada, ya que ahorra agar.

La cantidad de medio de cultivo tampoco afectó el desarrollo de la raíz y parte aérea de las plántulas, por lo que es más conveniente utilizar 3 mL, ya que representa menos gasto.

Los tipos de caja Petri no representaron diferencia en el desarrollo de las plántulas.

El cultivo en temperaturas entre 24 y 31°C favorece el desarrollo de la raíz y parte aérea de las plántulas.

La germinación en 16 h de luz y 8 de oscuridad favorece el desarrollo de las plántulas de trigo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico de Sonora y al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, por el apoyo para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS

Barreras Soto, M.A. 1995. Nuevas variedades de trigo harinero para Sinaloa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Exp. Valle del Fuerte. Folleto Técnico No. 12. Juan José Ríos, Sinaloa, México. 16 p.

Blackman, J.A.; and Payne, P.I. 1987. Grain Quality. pp. 455-486. *In: Wheat Breeding. Its Scientific Basis.* Ed. F. G.H. Lupton. New York, USA. 566 p.

Brennan, J.P.; Warham, E.J.; Byerlee, D. and Hernández, J. 1992. Evaluating the economic impact of quality reducing, seed-borne diseases: Lessons from karnal bunt of wheat. *Agricultural Economics* 6:344-352.

Briggle, L.W. 1980. Origin and botany of wheat. *In Wheat. Documenta CIBA-GEIGY Ltd., Basle. Switzerland.* 9 p.

Camacho-Casas, M.; Valencia, P.F.; Espino, J.H.; Salazar, J.M. y Salazar, F.J. 1993. Baviácora M92 y Arivechi M92: nuevas variedades de trigo harinero. Folleto Técnico No. 20. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ciudad Obregón, Sonora, México.

Camacho-Casas, M.; Valencia, P.F.; Espino, J.H. y Martínez Santana, J.J. 1998. INIFAP M97 y TOBARITO M97: variedades de trigo harinero para el noroeste de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Exp. Valle del Yaqui. Folleto Técnico No. 33. Ciudad Obregón, Sonora, México. 20 p.

Cano-Camacho, H. 1993. Actividad de un Fragmento de la Pared Celular del Frijol como un Estimulador de una Respuesta coordinada de Defensa de Plantas. Tesis de Maestría, Universidad de Guanajuato. Guanajuato, Guanajuato, México.

Curtis, B.C. 2002. Wheat in the world. pp. 1-17. *In: B.C. Curtis, S. Rajaram. H. Gómez Macpherson (eds.). Bread Wheat Improvement and Production.* FAO. Plant Production and Protection Series No. 30. Rome, Italy. 554 p.

Darvill, A.G., and Albersheim, P. 1984. Phytoalexins and their Elicitors: A Defense against Microbial Infection in Plants. *Annual Review of Plant Physiology* 35:243-275.

- Delgado, S. 1984. Mexican phytosanitary policy in relation to karnal bunt. *In: karnal bunt disease of wheat-proceedings of a conference, April 16-18, 1984, Ciudad Obregon, Sonora, Mexico. CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). p. 27.*
- FAO. 2002. Bread Wheat Improvement and Production. B.C. Curtis, S. Rajaram. H. Gómez Macpherson (eds.). Plant Production and Protection Series No. 30. Rome, Italy. 554 p.
- Fuentes-Dávila, G. 1997. Carbón Parcial del trigo: situación actual y perspectivas. pp. 105-118. *In: Primer Simposio Internacional del Trigo. Cd. Obregón, Sonora, México. 203 p.*
- Fuentes-Davila, G. 1992. Karnal Bunt and Durum Wheat. *In: Durum Wheats: Challenges and Opportunities. S. Rajaram, E.E. Saari, and G.P. Hettel (eds.). Wheat Special Report No. 9. CIMMYT, Cd. Obregon, Sonora, Mexico, March 23-25, 1992. pp. 129-132.*
- Fuentes-Davila, G.; Rajaram, R. and Singh, G. 1995. Inheritance of resistance to Karnal bunt (*Tilletia indica* Mitra) in bread wheat. *Plant Breeding 114:250-252.*
- Fuentes-Davila, G.; Rajaram, S.; Pfeiffer, W.H.; Abdalla, O.; Van-Ginkel, M.; Mujeeb-Kazi, A. y Rodriguez-Ramos, R. 1993. Resultados de inoculaciones artificiales del 5o Vivero de Selección para Resistencia a *Tilletia indica* Mitra. *Revista Mexicana de Micología 9:57-65.*
- Fuentes-Dávila, G. and Rajaram, S. 1994. Sources of resistance to *Tilletia indica* in wheat. *Crop Protection 13(1):10-24.*
- Grahl A. 1965. Lichteinfluss auf die Keimung des Getreides in Abhängigkeit von der keimruhe Land bouforsch. 15:97-106.
- INEGI. 2006. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 2005. http://www.inegi.gob.mx/lib/buscador/bibliotecas/busqueda.aspx?s=prod_serv&av=1&c=2684&CveBiblioteca=KCBIB. Fecha de consulta: noviembre 15, 2007.
- Lozoya, E.; Block, A.; Louis, R.; Hahlbrock, K. and Scheel, D. 1991. Transcriptional repression of light-induced flavonoid synthesis by elicitor treatment of cultured parsley cells. *The Plant Journal 1:227-234.*
- Peña, R.J.; Amaya, A. y Del Toro, E. 1992. Efecto del almacenamiento y del lavado de grano en las características de calidad de muestras de trigo (variedad Seri M82) con diferentes niveles de carbón parcial (*Tilletia indica*). *In: Estado actual de la investigación sobre el carbón parcial en México, G. Fuentes-Dávila y G.P. Hettel (eds.). Reporte Especial de Trigo No. 7, México, D.F.: CIMMYT. Páginas 24-32.*
- Pierik, R.L.M. 1990. Cultivo *in vitro* de las Plantas Superiores, 3ra. edición, editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 326 p.
- Rojas, G.M. and Róvalo, M.M. 1985. Fisiología Vegetal Aplicada, 3ra. edición, editorial McGraw-Hill. México, D.F. 262 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1987. Cuarentena interior No. 16 contra el Carbón Parcial del trigo. *Diario Oficial. Jueves 12 de Marzo de 1987. México.*
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1995. Norma Fitosanitaria 001-95. *Diario oficial 4 de Agosto de 1995. México.*
- Smith, D.A. 1982. Toxicity of phytoalexins. pp. 218-247. *In: J.A. Bailey, and J.W. Mansfield (eds.) Phytoalexins. Blackie and Sons. Glasgow, UK. 256 p.*
- Tebbutt, T.H.V. 1995. Fundamentos del Control de la Calidad del Agua. 1ra. edición, editorial Limusa. México, D.F. 237 p.
- Velázquez-Barrón, M.A., Lozoya-Gloria, E. y Fuentes-Dávila, G. 2006. Inducción de posibles fitoalexinas en trigo (*Triticum* spp.) y su efecto en el crecimiento del hongo estimulador *Tilletia indica* Mitra. *Revista Mexicana de Fitopatología 24:35-41.*