

VARIEDADES CUBANAS DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM* L) CON TOLERANCIA A ESTRÉS ABIÓTICO.

Melba Cabrera, Lissett Gutiérrez, Heidy Penichet, Caridad Pérez, Elena Lago, Marisol Pérez y Maria J. Mendoza.

**Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT)
Calle 2 esq. 1 Santiago de las Vegas, Ciudad de La Habana, Cuba, CP 17200.
Email: mcabrera@inifat.co.cu**

RESUMEN

Para contribuir al establecimiento del trigo en nuestro país, se hace necesario contar con variedades que tengan buena adaptabilidad a nuestras condiciones climatológicas, así como tolerancia a la sequía y salinidad, pues el estrés hídrico provocado por la falta de agua es uno de los factores que más limita la producción de trigo a nivel mundial, asociado con las altas temperaturas y la salinidad. Es por esto que nuestro objetivo fue caracterizar 8 variedades cubanas de trigo (siete variedades radiomutantes y la variedad progenitora 'Cuba C-204') desde el punto de vista de la tolerancia a la sequía y salinidad. Los experimentos se realizaron en condiciones de laboratorio, se hicieron determinaciones morfológicas de las diferentes partes de las plantas y fisiológicas. Los resultados obtenidos mostraron el buen comportamiento de estas variedades de trigo, bajo condiciones de sequía y salinidad, demostrando que presentan tolerancia a estos factores estresantes, además de superar a la variedad progenitora; entre ellos se destacan el 'RM-26', 'RM-30' y 'RM-37'. Esto ha permitido la siembra de estas variedades por los campesinos y productores, en diferentes zonas del país con resultados satisfactorios.

Palabras claves: Trigo; sequía; tolerancia a salinidad; variedades

ABSTRACT

To establish the wheat in production in our country, is necessary to have varieties with good adaptability to our climatological conditions, and tolerance to drought and salinity, because water deficit is one of the most limiting factors to crop production worldwide, and is associated with salinity and high temperature problems. For these reason our objective was the characterization of wheat Cuban varieties (radiomutans 'RM-26', 'RM-29', 'RM-30', 'RM-31', 'RM-32', 'RM-36' and 'RM-37' and the donor variety 'Cuba C-204'). The experiments were carried out in laboratory conditions, where several morphological and physiological indices of different parts of the plant were measured. The results showed a good behavior of these varieties under drought and salinity conditions and demonstrated that these cultivars have tolerance to stress factors. In general the mutants differ from the donor variety, and particularly 'RM-26', 'RM-30' and 'RM-37' had the better behavior. These results have permitted the sowings of these varieties by the farmers in different part of our country, with satisfactory results.

Key words: Wheat; drought; salinity tolerance; varieties

INTRODUCCION

A partir a variedad cubana de trigo 'Cuba-C 204', y con el uso de la radioinducción de mutaciones, se obtuvieron siete genotipos promisorios, con buenas características agronómicas y adaptabilidad a las condiciones climáticas de Cuba. A partir de estos

resultados, el interés del trigo se incrementa nuevamente en nuestro país y el Ministerio de la Agricultura apoya la ejecución de Proyectos de Investigación que permitan contribuir al establecimiento de este cultivo en nuestro país.

Dentro de las investigaciones que se realizan en este sentido, está contemplada la caracterización de los mutantes obtenidos, así como conocer el grado de tolerancia que presentan éstos ante algunos factores estresantes como son: la sequía, salinidad y altas temperaturas, entre otros, como los más importantes. Entre ellos, la falta de agua en el cultivo provoca un estrés hídrico, que es uno de los factores que más limita la producción de trigo a nivel mundial, asociada con las altas temperaturas y la salinidad. (Larbin, et al, 2000).

Es por esto que el objetivo del presente artículo es presentar los resultados de la caracterización de las variedades cubanas de trigo ante condiciones estresantes.

MATERIALES Y METODOS

1. Condiciones de laboratorio.

1.1. Test de germinación. Sequía y Salinidad

Los radiomutantes y la variedad progenitora fueron puestos a germinar en placas Petri sobre papel de filtro (en cámara de germinación), con solución de Polyethylene Glycol 6000 (PEG) a diferentes concentraciones (10, 15, 20, 25, 30%) Burlyene, y Kaufman, 1997; Stander *et al*, 1981); se utilizó además un control con agua destilada. Fueron utilizadas para cada concentración y para el control, tres réplicas con 50 semillas cada una, para un total de 150 semillas por tratamiento.

Para el estudio de resistencia a la salinidad se utilizaron soluciones de cloruro de sodio de diferentes concentraciones, con conductividad eléctrica de 3dS/m, 6dS/m, 9dS/m, 12dS/m.

El porcentaje de germinación con PEG, fue evaluado a los 7 días después de la siembra, tanto en el control como en las diferentes soluciones de PEG. Se calculó el porcentaje de reducción de la germinación con respecto al control, y con éstos datos fueron calculadas las ecuaciones de regresión para determinar la concentración a la cual la germinación disminuye al 50% (DL₅₀).

En el caso de la salinidad, en la evaluación a los 7 días, se determinaron los parámetros de germinación, altura de planta y número de raíces. Se determinó el Índice de Tolerancia Relativa (ITR).

2.-Test en estado de Plántulas.

2.1- Características morfológicas.

Semillas de los radiomutantes y la variedad progenitora fueron puestas a germinar utilizando el método modificado de sándwich, en condiciones de laboratorio (germinador); después de la germinación, fueron mantenidas en la cámara por siete días, con buena iluminación, teniendo en cuenta los requerimientos fotoperiódicos del cultivo.

Seis sandwich de 10 semillas cada uno (60 semillas por variedad), fueron pasadas a bandejas conteniendo 23% de PEG y el agua destilada fue usada como control. Siete días

después de la germinación fueron determinados la altura de la planta, el número de hojas, el largo de la raíz y la masa fresca y seca (hojas-raíz).

Para cada índice el Índice de Estrés y el % de Inhibición fueron determinados por la siguiente fórmula: $IE = \text{Valor estrés} / \text{Valor Control} \times 100$, y el % de Inhibición = $100 - IE$.

2.2 - Índices del estado hídrico de los tejidos.

El estado del agua en los tejidos, se determinó por dos expresiones complementarias: el Contenido Relativo de agua (CRA) y el Déficit Hídrico de Saturación (DHS), a través de la toma de discos foliares. Estos términos vienen definidos según las siguientes expresiones:

El Potencial Osmótico (PO) como componente del potencial hídrico de las plantas, fue medido refractométricamente, a través de la extracción de la savia celular, y se determinó el % de solutos, el cual se relaciona con el PO en KiloPascals, utilizando una tabla de equivalencias. Los métodos utilizados fueron descritos por Slavik (1974).

2.3-Niveles de prolina Libre.

Fueron determinados a partir de la hojas de las plántulas, y el método utilizado fue el descrito por Bates *et al.* (1973).

2.4-Frecuencia y resistencia estomática.

En la mismas condiciones experimentales, la frecuencia estomática (número de estomas /mm²), fue medida en la superficie abaxial y adaxial de las hojas, por medio de la toma de huellas epidérmicas, con el uso de acetona; la resistencia estomática fue determinada por el Porómetro de Difusión (AP₄ DELTA-T DEVICES).

RESULTADOS Y DISCUSION.

1. Condiciones de laboratorio.

1.1. Test de germinación. Sequía y Salinidad

En la Tabla 1 se observa el porcentaje de germinación de las variedades y los radiomutantes para el control y cada una de las soluciones de PEG. El porcentaje de germinación en el control fue muy alto, entre 96 y 100%, lo que demuestra la buena calidad de las semillas; la concentración del 10% de PEG, mostró el mismo comportamiento que el control, lo que pone de manifiesto que la condición de estrés creada en esta concentración no afecta la germinación de los radiomutantes.

A partir de la concentración del 15%, el porcentaje de germinación comienza a disminuir ligeramente. Esta disminución se hace más severa a medida que aumenta la concentración de PEG, hasta el 30%, donde prácticamente la germinación no ocurre.

Tabla 1. Porcentaje de germinación en cada concentración de PEG, respecto al control para todas las variedades.

VARIEDAD	CONCENTRACION PEG					
	CONTROL	10%	15%	20%	25%	30%
C-204	98.8	98.8	98.8	92.5	28.7	0
RM-26	100	100	97.5	82.5	35.0	1.25
RM-29	98.8	98.8	97.5	90.0	30.0	0
RM-30	100	100	97.5	82.5	47.5	1.25
RM-31	98.8	98.8	97.5	91.25	33.7	0
RM-32	98.0	98.0	98.0	71.0	19.5	0
RM-36	96.0	96.0	95.0	87.0	23.0	2.00
RM-37	99.0	99.0	94.0	75.0	55.0	6.00

La reducción es muy severa en la concentración de 30%, existe diferencia varietal en esta respuesta. En 25% de PEG, que es una concentración alta y que provoca un fuerte estrés hídrico, los radiomutantes 'RM-26', 'RM-30' y 'RM-37' presentaron los porcentajes más bajos de inhibición de la germinación (Tabla 2).

Baalbaki *et al.*, (1999) encontró en trigo que los cultivares tolerantes tienen mayor porcentaje y velocidad de germinación bajo condiciones de estrés hídrico que los cultivares susceptibles, y que la velocidad de la germinación es más sensible a los cambios del potencial osmótico que el porcentaje de germinación en sí.

Tabla 2. Porcentaje de Inhibición respecto al control.

VARIEDAD	CONCENTRACION PEG				
	10%	15%	20%	25%	30%
CUBA-204	0	0	6.33	70.88	100
RM-26	0	2.5	17.5	65.00	98.75
RM-29	0	1.26	8.86	69.60	100
RM-30	0	2.5	17.5	52.50	98.75
RM-31	0	1.26	7.59	65.82	100
RM-32	0	0	27.55	80.10	100
RM-36	0	1.04	9.37	76.04	97.91
RM-37	0	5.05	24.24	44.44	93.93

La Tabla 3, muestra las ecuaciones de regresión, el coeficiente de correlación y la concentración a la cual la germinación disminuye al 50%. Se presentaron pequeñas diferencias entre los mutantes, estando los valores alrededor del 23%; sólo en el caso del 'RM-37', el valor de la concentración es de 25.5%.

Tabla 4. Ecuación de regresión, coeficiente de correlación y concentración a la cual la germinación decrece en 50%.

VARIETA D	ECUACION REGRESION	r ²	PEG CONCENTRACION
CubaC-204	Y =3.3345X- 26.039	0.6598	22.80
RM-26	Y =3.2786X- 24.018	0.7239	22.58
RM-29	Y =3.327X-25.470	0.6768	22.69
RM-30	Y=3.100X-23.125	0.7067	23.59
RM-31	Y =3.2655X-25.316	0.6685	23.06
RM-32	Y =3.5874X-25.182	0.7516	20.96
RM-36	Y =3.3748X-25.520	0.6784	22.38
RM-37	Y=2.9059X-20.489	0.7324	25.50

Como se observa en la Fig. 1, en algunas variedades los valores de largo de la raíz sobrepasó los valores correspondientes al testigo, evidenciando una respuesta de resistencia a los valores de salinidad estudiados.

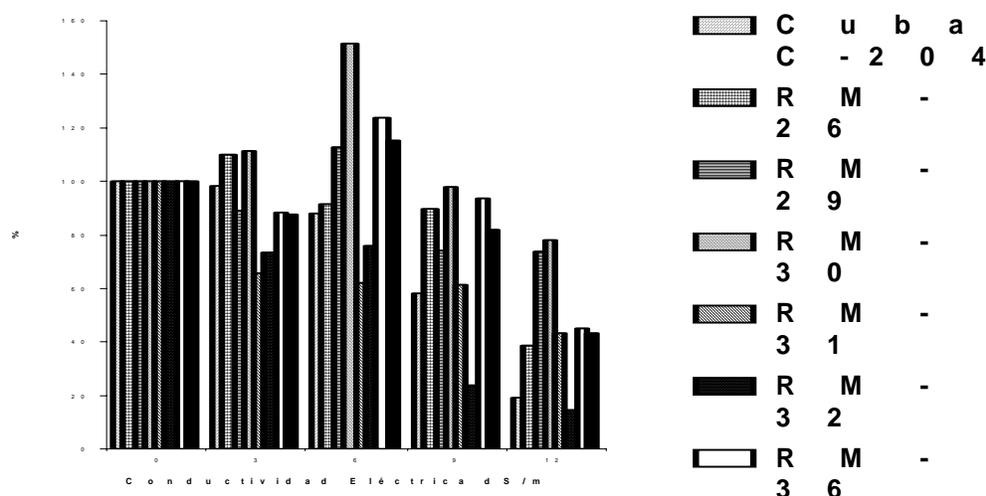


Figura 1.- Porcentaje relativo de la Longitud de la raíz respecto al control en las variedades de trigo (Cuba C-204, RM-26, RM-29, RM-30, RM-31, RM-32, RM-36 y RM-37)

En todos los parámetros determinados, se encontró que frente a los valores de conductividad de 3 dS/m y de 6 dS/m, las variedades se comportaron de manera semejante al control, lo que evidencia un buen comportamiento ante estos valores. Sin embargo a partir de los 9dS/m, los índices medidos decaen con el aumento de la conductividad, y la altura foliar decae más bruscamente que la longitud de la raíz.

Con respecto al índice de tolerancia relativo considerando el desarrollo de la raíz, todas las variedades superan el 50%, excepto la variedad 'RM-32' para un 9dS/m; para un 12dS/m, sobrepasan el 50%, las variedades 'RM-29' y 'RM-30'. El comportamiento no es igual con respecto a la altura de la planta, donde con 9dS/m, los mayores valores son obtenidos por

las variedades 'Cuba C-204', la 'RM-26', 'RM-29' y la 'RM-30', y con el mayor valor de conductividad, se destacan las variedades 'RM-29' y 'RM-36' (Figs. 2 y 3).

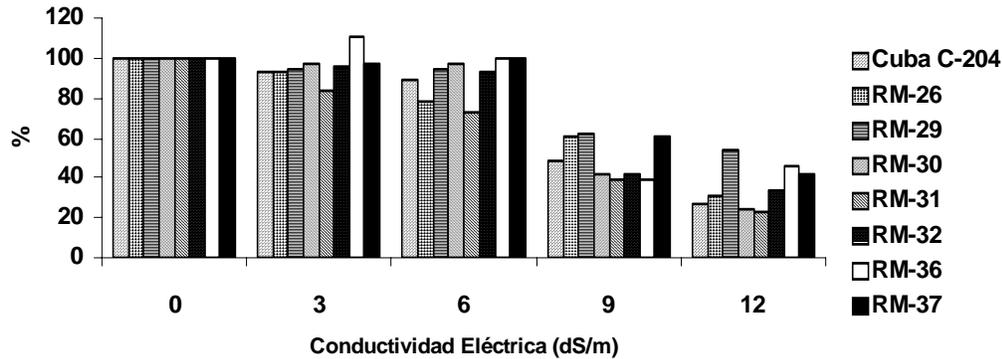


Figura 2.- Porcentaje relativo de la altura de la planta respecto al control en las variedades de trigo (Cuba C-204, RM-26, RM-29, RM-30, RM-31, RM-32, RM-36 y RM-37).

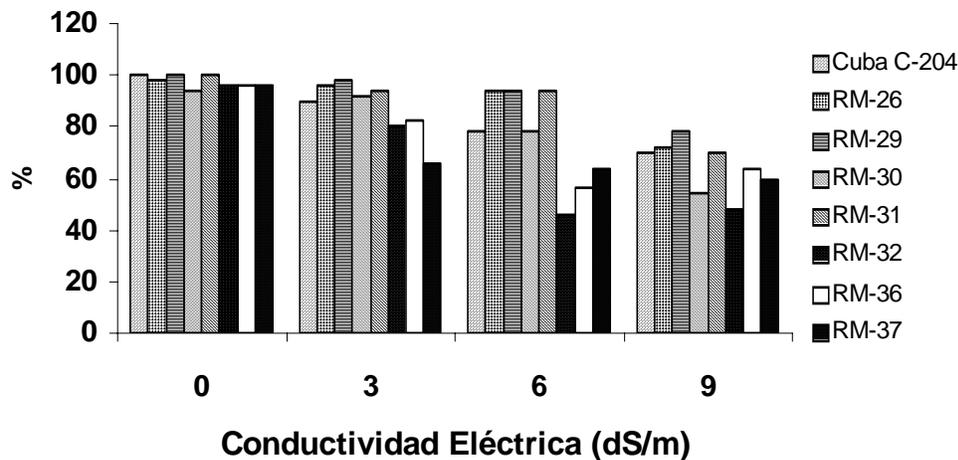


Figura 3.- Valores de germinación relativa al control en las variedades de trigo (Cuba C-204, RM-26, RM-29, RM-30, RM-31, RM-32, RM-36 y RM-37).

Nuestros resultados concuerdan con algunas evidencias encontradas en la literatura, que consideran como variedades resistentes al estrés salino, aquellas cuyo índice de germinación es del 50% o más respecto al control (Ayers y Westcot, 1987). Según los resultados obtenidos, las variedades de trigo 'Cuba C-204' y los siete radiomutantes estudiados presentan un buen comportamiento hasta valores de conductividad eléctrica del 9dS/m, que corresponden a valores de conductividad entre media y alta.

2.-Test en estado de plántulas.

2.1- Características morfológicas.

Entre las variables del ambiente que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas, el estrés hídrico es uno de los más importantes. Todas las plantas superiores están expuestas a la desecación, al menos una vez durante su ciclo de vida.

Numerosos reportes en la literatura muestran que el déficit hídrico limita los rendimientos y/o que el riego los incrementa; la habilidad de los cultivos, especies y variedades para crecer, desarrollarse y obtener rendimientos satisfactorios en áreas sujetas a períodos de estrés hídrico, han sido nominados como resistentes a la sequía (Siddique, *et al.* 2000).

Tabla 4. Índice de Estrés para cada una de las variables.

Variedad	Altura planta (cm)	Numero hojas	Longitud. raíz (cm)	PESO FRESCO(g)		PESO SECO(g)	
				Hoja	Raíz	Hoja	Raíz
CC-204	73.3a	80.0a	86.2b	85.0b	62.5b	68.0a	70.0b
RM-26	76.9b	67.9c	91.6a	90.8a	78.3a	81.9b	77.1a
RE-30	75.40b	73.9b	88.8b	86.8b	74.1a	86.6a	73.1b
RM-37	75.3b	76.0b	79.7c	84.5b	56.5c	79.2b	74.0b

Diferencia Significativa p=0.05

En la Tabla 4, se muestra el Índice de Estrés para cada una de las variables. Podemos observar que las variables longitud de la raíz y peso seco, que son importantes en la respuesta de las plantas a la sequía, presentaron los mayores valores en el 'RM-26', lo que pone de manifiesto que bajo las condiciones estresantes, la raíz de esta variedad fue capaz de crecer algo más que los otros radiomutantes y que la variedad progenitora. Algunos autores en la literatura plantean que el peso de las raíces y las partes aéreas de la planta, fueron reducidos cuando el Potencial Osmótico decreció (Baalbaki *et al.*, 1999).

Un incremento del peso seco de la raíz, puede indicar una mayor densidad o profundidad de las raíces; ambas respuestas son importantes adaptaciones morfológicas al estrés hídrico, ya que esto permite hacer más eficiente la extracción del agua del suelo y mantener un potencial hídrico alto en la planta (Fischer y Tunner,1988).

Hunda (1999) encontró también que el crecimiento de las raíces del trigo fue inhibido, con la consecuente reducción de los rendimientos en las plantas, en respuesta al estrés hídrico. De forma general los Índices de Estrés para cada variable son altos, lo que demuestra el buen comportamiento de las variedades bajo las condiciones de estrés hídrico; esto se ratifica cuando analizamos los porcentajes de inhibición, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje de inhibición de las características morfológicas de los radiomutantes y la variedad progenitora.

Variedad	Altura (cm)	Número de hojas	Longitud raíz (cm)	PESO FRESCO(g)		PESO SECO (g)	
				Hoja	Raíz	Hoja	Raíz
CC-204	26.7	20.0	13.8	15.0	37.5	16.0	30.0
RM-26	23.1	32.1	8.4	9.2	21.7	18.1	22.9
RM-30	23.6	26.1	11.2	13.2	25.9	13.4	26.8
RM-37	24.7	24.0	20.3	15.8	43.5	20.8	26.0

Como era de esperarse, todas las variables se reducen bajo las condiciones de estrés, pero algunas más que otras. Estos resultados coinciden con lo planteado por numerosos autores, que los índices de crecimiento así como los rendimientos se ven afectados por las condiciones de stress hídrico, y que la afectación depende del grado de estrés y del estado de desarrollo en el cual éste ocurre (Michihiro *et al.*, 1997; Austin *et al.*, 1993).

Los porcentajes de inhibición están por debajo del 30%, lo que indica que la afectación no fue tan severa, pues en ningún caso llegó al 50%. Esto pone de manifiesto que los radiomutantes presentan tolerancia a la sequía (Tabla 5).

La resistencia de las plantas a la sequía, depende de varios factores, tales como el tipo de crecimiento y los caracteres anatómicos y bioquímicos (Begg y Turner, 1976). Por otro lado, las plantas responden al estrés hídrico de diferentes formas y vías. Existen cambios morfológicos como: enrollamiento de las hojas, características de las raíces y cambios fisiológicos como la cera cuticular de las hojas, el ajuste osmótico, el comportamiento estomático y la acumulación de prolina, entre otros.

2.2- Índices del estado hídrico de los tejidos.

El Déficit Hídrico de Saturación aumenta bajo las condiciones de estrés provocadas por el PEG, en comparación con el control con agua destilada, y el Contenido Relativo de Agua, al ser inverso, disminuye. Siddique *et al.* (1999), estudiando el comportamiento de cuatro variedades de trigo, encontró que el estrés hídrico disminuyó el Potencial Hídrico y el Contenido Relativo de Agua de las hojas. El Potencial osmótico sigue un comportamiento similar.

Tanto para el CRA, como para el PO, existe una respuesta varietal, destacándose el 'RM-26', con las menores diferencias entre las plantas estresadas y no estresadas (Tabla 6). En general, los radiomutantes presentan valores del DHS más bajos que la variedad progenitora, y por el contrario, el CRA es mayor. En general, los valores del DHS no son tan altos, por debajo del 30%, lo que pone de manifiesto que estos radiomutantes son capaces de mantener cierta turgencia en sus tejidos bajo condiciones de estrés, contribuyendo a su tolerancia a la sequía.

Las plantas tolerantes a la desecación muestran un pequeño decrecimiento del Potencial Hídrico, producido por una disminución del contenido de agua, con respecto a aquellas menos tolerantes (Sanchez y Kramer, 1971).

Tabla 6. Comportamiento del CRA, DHS y PO.

Variedad	Tratamiento	DHS	CRA	PO (kp)
CC-204	ESTRES	29.14	70.86	-699.8
	CONTROL	16.22	83.78	-520.8
RM-26	ESTRES	21.95	78.05	-716.2
	CONTROL	17.82	82,18	-458.7
RM-30	ESTRES	23.19	76.81	-677.7
	CONTROL	17.33	82.68	-507.5
RM-37	ESTRES	18.79	81.21	-699.6
	CONTROL	13.48	86.52	-529.6

La necesidad de cuantificar el estrés hídrico llamó la atención de ecologistas y fisiólogos. El método más útil para medir el Potencial Osmótico es a través de la extracción de la savia celular. Este método brinda una información útil acerca de los cambios y la disminución del PO en las plantas sujetas a estrés hídrico. Existe un fuerte interés sobre la importancia del decrecimiento del PO como un mecanismo adaptativo al estrés hídrico.

Los valores del PO disminuyen bajo condiciones de estrés (Tabla 6). El 'RM-26' y el 'RM-37' tienen valores del PO más negativos bajo condiciones de estrés; es posible que ellos desarrollen un mecanismo de osmorregulación que le permita a las plantas adaptarse al estrés hídrico. El Ajuste Osmótico (AO), es generalmente considerado un importante componente de la resistencia a la sequía. Existe diferencia genética entre cultivares de trigo en cuanto al AO; se encontró que aquellos que tenían un mayor AO, tendían a tener rendimientos mayores que aquellos cultivares con bajo AO, bajo condiciones de estrés (Blum y Nguyen, 1999).

El PO es una función de la concentración de solutos en las células, Alí la pérdida de agua de las células incrementa la concentración de solutos, produciendo una reducción del PO a valores mas negativos (Begg y Turner, 1976).

2.3-Niveles de prolina libre.

Los resultados presentados en la Tabla 7 indican que las variedades 'RM-26' y 'RM-37' mostraron un incremento de 6 veces su valor cuando las plantas son sujetas a estrés. La variedad progenitora y la 'RM-30' incrementaron su valor en tres veces.

Tabla 7. Acumulación de prolina libre en plantas estresadas y no estresadas

VERIEDADES	PROLINE	
	$\mu\text{g g}^{-1}$ initial fresh weight	
	Without stress	With stress
CUBA C-204	201.5	674.4
RM-26	155.5	933.2
RM-30	202.0	808.0
RM-37	150.5	903.0

Los resultados obtenidos muestran que existe diferencias varietales en la habilidad para acumular prolina y las variedades 'RM-30' y 'RM-37' tuvieron consistentemente la mayor capacidad al respecto. Esto concuerda con los criterios encontrados por diferentes autores con variedades de trigo desarrolladas bajo condiciones de estrés, como Szegletes *et al.* (2000) y Chandrasekar *et al.* (2000).

2.4- Frecuencia y resistencia estomática.

El número de estomas/ mm^2 para todas las variedades fue mayor en la superficie adaxial que en la abaxial y las condiciones de tres simuladas por el PEG 6000, incremento la frecuencia estomática en ambas superficies (Table 8).

Tabla 8. Numero de estomas/ mm^2 en la superficie adaxial y abaxial

VERIEDADES	FRECUENCIA ESTOMÁTICA			
	SIN ESTRES		CON ESTRES	
	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial
CUBA C-204	350.2	320.6	382.1	349.6
RM-26	398.7	305.7	455.3	382.1
RM-30	263.5	204.5	308.9	298.4
RM-37	475.5	380.7	593.5	480.0

Otros autores como Tearel *et al.* (1971), también encontraron en trigo una mayor frecuencia estomática en la superficie adaxial que en la abaxial. Existen diferencias entre variedades; las variedades 'Cuba C-204' y 'RM-30' tienen una frecuencia estomática mas pequeña en comparación con las variedades 'RM-26' y 'RM-37', y esta es una característica importante desde el punto de vista de la tolerancia al sequía.

Sin embargo, Miskin y Rasmusson (1970) encontraron que la frecuencia estomática no influye en la tasa de fotosíntesis en el cultivo de cebada, pero sí en la transpiración y en la resistencia difusiva del estoma. Una baja frecuencia estomática estuvo asociada con una mayor tolerancia a la sequía.

Tabla 9. Resistencia estomática en plantas estresadas y no estresadas

VARIETADES	RESISTENCIA ESTOMÁTICA	
	r_s (sec/cm ⁻¹)	
	SIN ESTRES	CON ESTRES
CUBA C-204	38.0	49.6
RM-26	29.5	39.2
RM-30	36.2	45.0
RM-37	34.5	43.2

La resistencia estomática se incrementó bajo las condiciones de estrés hídrico, pero existe diferencia varietal, como se observa en la Tabla 9. Sin embargo las variedades 'RM-26', 'RM-30' y 'RM-37' tuvieron valores de resistencia estomática menor que la variedad progenitora 'Cuba C-204'. Entre las variedades radiomutantes, el mutante 'RM-26' tuvo los valores más bajos en condiciones estrés y no estrés. Este es un importante carácter asociado con la tolerancia a la sequía.

CONCLUSIONES.

Los radiomutantes 'RM-26', 'RM-30' y 'RM-37', mostraron los porcentajes más bajos de reducción de la germinación en la concentración de 25% de PEG, la cual proporciona condiciones severas de estrés.

El porcentaje de inhibición de las características morfológicas, respecto al control de 'RM-26', 'RM-30' y 'RM-37', estuvo por debajo del 30%, lo que indica que el daño no fue tan severo y que los radiomutantes presentan tolerancia a la sequía.

El Índice de Tolerancia Relativa a la salinidad estuvo por encima del 50%, lo que indica la tolerancia de las variedades a la salinidad.

Las plantas estresadas tuvieron un incremento en el contenido de prolina entre 3-6 veces en comparación con las no estresadas.

La frecuencia estomática para todas las variedades fue mayor en la superficie adaxial que en la abacial, y las condiciones de estrés, incrementaron la frecuencia estomática en ambas superficies.

La resistencia estomática se incrementó bajo las condiciones de estrés hídrico, pero 'RM-26', 'RM-30' y 'RM-37' tuvieron valores de resistencia estomática menor que la variedad progenitora.

Entre los radiomutantes, 'RM-26' tuvo los valores más bajos en condiciones estrés y de no estrés, un importante carácter asociado con la tolerancia a la sequía.

Las raíces de 'RM-26', 'RM-30', 'RM-31' y 'RM-37' fueron capaces de crecer más que la de los otros radiomutantes y la variedad progenitora, bajo condiciones de estrés.

Los radiomutantes presentan tolerancia a la sequía y salinidad, pero entre ellos se destacan 'RM-26', 'RM-30' y 'RM-37'.

BIBLIOGRAFIA

- Ayers, R.S. y D.W. Westcot (1987):** *Water quality for Agriculture*. FAO. N29. Rev 1.
- Baalbaki, R.Z., R. A. Zurayk, M. M. Bleik y S. N. Talhook (1999):** Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. *Seed Science & Technology* 27: 1, 291-302. 26 ref.
- Bates, L. S., R. P. Waldren e I. D. Teare (1973):** Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil* 39: 205-207.
- Begg, J. E y N. C. Tunner (1976):** Crop water deficits. *Adv .Agron.* 28: 161-212.

- Blum, A., Zhang Jing Xian y H. T. Nguyen:** Consistent differences among wheat cultivars in osmotic adjustment and their relationship to plant production. *Field Crops Research*. 64: 3, 287-291. 8 ref. 19.
- Burlyne, E. M. y M. R. Kaufman (1973):** The osmotic potential of Polyethylene Glycol 6000. *Plant Physiol*. Vol. 51, pp 914-916. 1973.
- Chandrasekar, V., R. K. Sairam y G. C. Srivastava (2000):** Physiological and biochemical responses of hexaploid and tetraploid wheat to drought stress. *Crop Science*, 185: 4, 219-227.
- Fischer, R. A. y A. Tunner (1988):** *Rev. Plant Physiology*, 29: 277-371.
- Hund, E. A. (1968):** Growth of root of seven varieties of spring wheat at high an low moisture levels. *Agro. J.*, 60:201-203.
- Larbin A., A. Mekliche, R. Abed, y M. Badis (2000):** Effect of water deficit on the production of two varities of durum wheatt in a semi-arid region. *Options Mediterraneennes. Serie A. Seminaires. Mediterraneeens*. N° 40, 295-297 6 ref. 2000.
- Michihiro Wada, L., J. C. B. Carvalhho, G. C. Rodriguez e I. Ryvich (1997):** *Jpn.J. Crop Sci.* 66(1): 92-99. 1997.
- Miskin, K.E. y D.C.Rasmusson (1970):** Frecuency and distribution of stomata in barley. *Crop Sci.* 10:575-578. 1970.
- Siddique, M. R. B., A. Hamid y M. S. Islam (2000):** Drought stress effects on water relations of wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41: 1, 35-39. 17 ref.
- Teare, I.D., C.J. Peterson y A.G. Law (2000):** Size and frecuency of leaf stomata in cultivars of *Triticum* species. *Crop Sci.* 11:496-498. 197. 2000.