

EFFECTO DE ALTAS TEMPERATURAS EN EL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y
REPRODUCCION DE CRAMBI (*Crambe abyssinica*, Hochst)

José Luis Chan Castañeda¹ y James L. Fowler²

RESUMEN

Al estudiar la adaptación de Crambi (*Crambe spp.*) a las condiciones áridas del suroeste de E.U.A. se observó una baja producción y calidad de semilla que parecen estar asociadas con las altas temperaturas que prevalecen al final de la primavera y principios del verano, época en que ocurre la floración y formación del grano. Para dilucidar este efecto, los cultivares 'Meyer' y 'Prophet' fueron evaluados en temperatura baja (a 25 C en el día y 18 C en la noche) y en temperatura alta (a 35 C en el día y 25 C en la noche). Los tratamientos fueron: (1) Temperatura baja todo el ciclo; (2) Temperatura baja en la etapa vegetativa y alta desde la floración; (3) Temperatura alta en la etapa vegetativa y baja desde la floración; y (4) Temperatura alta todo el ciclo. La alta temperatura durante la etapa vegetativa estimuló una expansión más rápida de las hojas, una mayor acumulación de materia seca en tallos y raíz, y una floración más precoz; sin embargo, durante la maduración de las semillas la alta temperatura aumentó la cantidad de semilla abortada y disminuyó el amarre de semillas.

SUMMARY

In studying the adaptation of crambe (*Crambe spp.*) to the arid Southwest, U.S.A., a low seed production and quality was observed. This behavior was supposed to be associated with the high temperatures occurring during the late Spring and the early Summer, when plants were at the flowering and seed filling stages of development. In order to study such effect, the cultivars 'Meyer' and 'Prophet' were evaluated under low temperature (25/18 C, day/night) and under high temperature (35/25 C, day/night). The treatments used were: (1) Low temperature during the whole plant cycle; (2) Low temperature in the vegetative stage and high temperature from flowering to maturity; (3) High temperature in the vegetative stage and low temperature from flowering to maturity; and (4) High temperature during the whole plant cycle. High temperature during the vegetative development stimulated leaf expansion, biomass accumulation in stems and roots, and an early flowering; however, during the seed filling stage, high temperature increased seed abortion and decreased seed set.

¹ Investigador del INIFAP, becado por el CONACYT en el período 1980-1982, New Mexico State University. Las Cruces, N. M., U.S.A.

² Profesor Asociado. Department of Crop and Soil Sciences. New Mexico State University. Las Cruces, N. M., U.S.A.

INTRODUCCION

En 1980 se inició una línea de investigación para determinar la adaptación de crambi a las condiciones de aridez del sur de Nuevo México, E.U.A. con riego limitado. La primera parte de esta línea de investigación se realizó en condiciones de invernadero; y en 1981 y 1982 se realizaron evaluaciones de campo.

En los experimentos de 1982, se observó un tipo de quemadura en los ápices del follaje durante la segunda quincena de mayo y al final del ciclo se registraron rendimientos muy bajos, lo cual dió origen a la generación de la hipótesis de que las altas temperaturas afectan el desarrollo vegetativo y la maduración de la semilla crambi.

Partiendo del punto de que el objetivo agrícola de producción en esta planta es la semilla, de la cual se extraen aceites de alta calidad industrial, se evaluó la germinación de la misma, haciendo de esta característica un indicador de calidad de semilla. Se observó que una alta proporción de semillas provenientes de diferentes tratamientos germinó entre el 10 y el 25%, y solamente algunos lotes llegaron a germinar hasta el 45%, la cual sigue siendo una germinación pobre.

El objetivo central del presente estudio fue determinar las restricciones que imponen las temperaturas altas sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de crambi.

REVISION DE LA LITERATURA

Se sabe que las plantas difieren en cuanto a su respuesta al calor. De acuerdo a su hábitat ecológico (Levitt, 1951), las plantas que viven en ambientes más favorables muestran menor tolerancia a temperaturas altas. En general, las plantas se agrupan en hidrófitas, mesófitas y xerófitas; crambi pertenece al grupo de las mesófitas.

Parece haber un acuerdo generalizado de que el principal efecto de altas temperaturas (supraóptimas) sobre las plantas es la desnaturalización de las proteínas (Levitt, 1951, 1972).

Se supone que la resistencia al calor está determinada por la estabilidad de la forma molecular de las proteínas, y que cualquier deformación o desgarramiento

miento de esa estructura causa pérdidas de actividad biológica, y finalmente la muerte de la célula. Para evaluar y seleccionar plantas resistentes al calor se han utilizado varios métodos. Recientemente, el método de "desección" ha sido utilizado intensivamente por Blum y Ebercon (1981). Esta prueba se basa en la medición de la conductividad eléctrica de los electrolitos derramados en el agua de flotación por discos foliares previamente tratados con calor; esta prueba, inclusive, fue sugerida para las evaluaciones preliminares de grandes cantidades de germoplasma. También Sullivan y Ross (1979) discutieron la misma prueba en sorgo, y la encontraron apropiada para evaluación en la etapa vegetativa. Sin embargo, la respuesta es muy diferente durante estadíos fenológicos de la etapa reproductiva.

Estudios ultraestructurales han demostrado que las temperaturas supraóptimas tienen un efecto drástico en cualesquier etapa de crecimiento de las plantas. Por ejemplo, Weis (1981) indicó que el calor inactivó el ciclo de Calvin en espinaca, y concluyó que las propiedades de las membranas del cloroplasto y la actividad de la enzima ribulosa 1,5-bifosfato carboxilasa, son afectadas por las temperaturas elevadas, aún por aquellas que son consideradas dentro del rango fisiológico; la reversibilidad de este efecto sugiere que estos cambios de temperatura pueden jugar un papel importante en la regulación de los procesos fotosintéticos. Temperaturas supraóptimas causaron una reducción en la expansión de hojas de maíz (Watts, 1974) asociada con una reducción en la actividad fisiológica, aunque las temperaturas no llegaron a aniquilar la planta.

Entre las etapas más sensibles a condiciones inadecuadas del ambiente, están la floración y la fructificación; esto ha sido observado en muchas especies bajo condiciones de sequía, de alta o baja temperatura y otras condiciones adversas. En floración, las temperaturas supraóptimas causaron una reducción del rendimiento de cártamo hasta del 86% (Zimmerman, 1978). En maíz, la actividad de la enzima nitrato-reductasa se mostró asociada con la tolerancia o susceptibilidad al calor (Pal *et al.*, 1976), aunque se concluyó que el criterio más simple de selección es la tasa de crecimiento bajo condiciones de temperatura supraóptima.

Durante la floración se presenta la polinización y fecundación del óvulo. Posterior a esta etapa se presenta el llenado de grano, periodo en el cual las temperaturas supraóptimas pueden jugar un papel muy importante. En trigo, Wiegand y Cuellar (1981) demostraron que las temperaturas altas aceleran la senes-

cencia de las plantas y acortan el periodo de llenado de grano, conduciendo así a bajos rendimientos; éstos son mecanismos que se observan comunmente en los trigos de primavera.

El proceso de maduración de la semilla fue ilustrado por Adams y Rinne (1981) en soya, quienes encontraron que la viabilidad de la semilla es una función de la longitud del periodo de llenado de grano y del método de almacenamiento después de la cosecha. Este estudio confirmó la importancia que tiene la formación del embrión para asegurar la siguiente generación, la cual se inicia inmediatamente después de la fecundación, por lo que esta época resulta crítica.

MATERIALES Y METODOS

En condiciones de invernadero a 25/18 C, se condujo un experimento en el campo experimental de la Universidad Estatal de Nuevo México, Las Cruces, N. M., en el que se evaluó la respuesta de los cultivares 'Meyer' y 'Prophet' a cuatro tratamientos de temperatura. La siembra se efectuó el 3 de octubre de 1982, en macetas de plástico de 17.8 cm de diámetro que contenían una mezcla de "peat moss" - arena - arcilla (1:1:1 por volumen) sin fertilizar, y se aclareó a una planta por maceta el 10 de octubre. El riego se dió con un sistema de riego automático, manteniendo un alto porcentaje de humedad disponible para la planta en el transcurso de todo el periodo experimental.

Los cuatro tratamientos de temperatura, cada uno impuesto a un bloque de 20 plantas (10 de cada cultivar) distribuídas al azar dentro del bloque, fueron los siguientes:

Tratamiento 1. Temperatura día/noche de 25/18 C, durante todo el ciclo del cultivo.

Tratamiento 2. Temperatura día/noche de 25/18 C durante el periodo vegetativo; después, con temperaturas de 35/25 C hasta la maduración de la semilla.

Temperatura 3. Temperatura día/noche de 35/25 C durante el periodo vegetativo; después, con temperatura de 25/18 C hasta la maduración de la semilla.

Temperatura 4. Temperatura día/noche de 35/25 C durante todo el ciclo del cultivo.

Las temperaturas altas (35/25 C) se aplicaron mediante cámaras de acrílico

"plexiglass" instaladas dentro del invernadero. Las cámaras se calentaron con calentadores eléctricos controlados con termostatos conectados a un reloj programable, de tal manera que mantuvieran las temperaturas deseadas durante los ciclos día/noche. El ciclo diurno se definió de las 06:00 a las 18:00 horas; el tiempo restante se consideró de noche.

Componentes de crecimiento

Peso seco de hojas (PSH), peso seco de tallos (PST), peso seco de raíces (PSR), y área foliar (AF), fueron los componentes que se midieron en dos ocasiones, a los 35 y 56 días después de la siembra; el primer muestreo fue representativo de la etapa fenológica vegetativa y el segundo de la floración.

Procesos de floración y maduración

Estos procesos se evaluaron mediante observaciones del desarrollo de las plantas a los 41, 48, 55 y 70 días después de la siembra. En cada parcela se registró el estado de desarrollo más avanzado, de acuerdo a la escala que se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Escala de calificación para los procesos de floración y maduración de crambi.

Escala	Descripción de la etapa de desarrollo
0	Vegetativa. Ausencia de estructuras reproductivas.
1	Botón. Aparición de yema floral, todavía en color verde.
2	Flores abiertas.
3	Anarre de semilla. Tallos florales en crecimiento con semillas amarradas.
4	Llenado de semilla. Con semillas verdes y la floración casi terminada.
5	Maduración. Semillas y tallos color café-oro.

Dinámica y estructura de floración

A los 70 días después de la siembra se registraron el número de ramas de la

inflorescencia, el número de semillas abortadas y el número de semillas amarradas en el tallo floral principal.

Producción de semilla

Se cosecharon las semillas de cada planta y se registró su número y su peso. La cosecha se realizó el 17 de enero de 1983, 106 días después de la siembra, cuando todas las plantas habían terminado su ciclo de vida.

Análisis experimental

Para el análisis estadístico de este experimento se utilizaron cada uno de los factores como fuentes de variación (Neter y Wasserman, 1974). La estructura general del análisis de varianza se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Estructura general de análisis de varianza aplicado a cada variable.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	n
Factor de corrección	1
Temperatura (T)	3
Contraste 1	1
Contraste 2	1
Contraste 3	1
Cultivar (Cv)	1
Temperatura x Cultivar	3
Contraste 1	1
Contraste 2	1
Contraste 3	1
Error	n-8

Para interpretar los resultados del experimento se utilizó una matriz de contrastes lineales (Steel y Torrie, 1960), según se muestra en el Cuadro 3.

En el contraste 1, el efecto de la alta temperatura (día a 35C) se compara con el de baja temperatura (día a 25C), durante el período de floración y madu-

Cuadro 3. Matriz de contrastes.

Contraste	T r a t a m i e n t o			
	1	2	3	4
1	1	-1	0	0
2	0	0	1	-1
3	-1	1	-1	1

ración, cuando ambos tratamientos fueron sometidos a baja temperatura durante la etapa vegetativa.

En el contraste 2 se compara el efecto de alta temperatura durante la etapa de floración a maduración contra baja temperatura durante el mismo periodo, cuando ambos tratamientos fueron sometidos a alta temperatura durante su desarrollo vegetativo.

Finalmente, en el contraste 3 se compara el efecto de la alta contra la baja temperatura durante el periodo de floración a maduración, promediando el efecto de ambas temperaturas durante la etapa de desarrollo vegetativo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Componentes de crecimiento

La primera lectura de componentes de crecimiento se obtuvo el 7 de noviembre de 1982, 35 días después de la siembra. En esta fecha todas las plantas estaban en desarrollo vegetativo, por lo que aún no se efectuaban los cambios de temperaturas correspondientes a los tratamientos 2 y 3. El resumen de resultados se presenta en el Cuadro 4.

La segunda lectura para componentes de crecimiento se obtuvo el 28 de noviembre de 1982, 56 días después de la siembra. Para este tiempo, los cuatro tratamientos de temperatura ya estaban funcionando. Los resultados de los análisis de varianza se resumen en el Cuadro 5.

Durante la etapa vegetativa (Cuadro 4) los tratamientos de temperatura indujeron diferencias significativas en área foliar (AF) y peso seco de tallos (PST); entre cultivares, se registraron diferencias significativas en peso seco

Cuadro 4. Significancias estadísticas para los componentes de crecimiento de cambio, a los 35 días después de la siembra (desarrollo vegetativo).

Fuente de variación	Componente de crecimiento ^{1/}			
	AF	PSH	PST	PSR
Temperatura (T)	**	ns	**	ns
Cultivar (Cv)	ns	ns	ns	*
T x Cv	ns	ns	ns	ns

^{1/} * y **: Indican diferencias significativas (P=0.05 y P=0.01, respectivamente).
ns: Indica diferencias no significativas (P=0.05).

Cuadro 5. Significancias estadísticas para los componentes de crecimiento de cambio, a los 56 días de la siembra (floración).

Fuente de variación	Componente de crecimiento ^{1/}			
	AF	PSH	PST	PSR
Temperatura (T)	ns	ns	*	ns
Contraste 1	ns	ns	**	*
Contraste 2	ns	ns	ns	ns
Contraste 3	ns	ns	*	ns
Cultivar (Cv)	ns	ns	ns	ns
T x Cv	ns	ns	ns	ns
Contraste 1	ns	ns	ns	ns
Contraste 2	ns	ns	ns	ns
Contraste 3	ns	ns	ns	ns

^{1/} * y **: Indican diferencias significativas (P=0.05 y P=0.01, respectivamente).
ns: indica diferencias no significativas (P=0.05).

de raíces (PSR). Los promedios por tratamiento se muestran en el Cuadro 6.

La temperatura alta durante el crecimiento vegetativo influyó mayormente en la acumulación de materia seca en los tallos, siendo el PST de alta temperatura más del doble que en la baja temperatura (Cuadro 6). Por otra parte, el cultivar 'Prophet' mostró un mayor crecimiento en AF, PSH y PSR, aunque la diferencia sólo fue significativa para PSR.

Respecto a los componentes del crecimiento durante la floración (Cuadro 5), solamente PST y PSR resultaron con diferencias significativas debidas a tratamientos de temperatura. En el Cuadro 7 se presentan los promedios por tratamiento de

Cuadro 6. Efectos principales de temperatura y cultivar sobre los componentes de crecimiento de crambi, a los 35 días después de la siembra (desarrollo vegetativo).

Fuente de variación	Componente de crecimiento ^{1/}			
	AF	PSH	PST	PSR
	cm ²	-----mg-----		
Temperatura				
35/25 C	17.4b	80.1a	49.5a	92.7a
25/18 C	14.8a	75.5a	18.5b	72.5a
Cultivar				
'Meyer'	16.0a	64.6a	39.7a	62.5b
'Prophet'	17.6a	91.0a	28.2a	102.7a

1/ Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Duncan, P = 0.05).

Cuadro 7. Efecto principal de la temperatura sobre los componentes de crecimiento de crambi, a los 56 días después de la siembra (floración).

Tratamiento de Temperatura	Componente de crecimiento ^{1/}			
	AF	PSH	PST	PSR
	cm ²	-----mg-----		
EV ^{2/} ER ^{2/}				
1 25/18 C 25/18 C	25.5a	111.8a	215.0a	183.3a
2 25/18 C 35/25 C	8.7a	41.5a	78.5b	57.3b
3 35/25 C 25/18 C	8.2a	39.5a	116.3b	54.5b
4 35/25 C 35/25 C	15.7a	73.3a	127.5b	85.8ab

1/ Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Duncan, P = 0.05).

2/ Etapa vegetativa (EV) y etapa reproductiva de floración a maduración (ER).

temperatura para cada componente del crecimiento, sobresaliendo la considerable inhibición que causó la temperatura alta sobre las cuatro características evaluadas (AF, PSH, PST y PSR), en relación con el crecimiento logrado en baja temperatura. Es de hacerse notar que los tratamientos más drásticos sobre el crecimiento fueron aquellos que involucraron cambios de temperatura entre la etapa vegetativa y la reproductiva (tratamientos 2 y 3).

Procesos de floración y maduración

El patrón de floración mostrado por los cultivares de crambi mostró diferencias significativas debidas a los tratamientos de temperatura (Cuadro 8). El contraste 1 mostró esa diferencia desde los 48 días después de la siembra (DDS) en adelante; este contraste implica un claro efecto de las altas temperaturas para promover la pronta floración en crambi. El contraste 3 fue significativo a los 48 y 70 DDS, indicando que la alta temperatura durante floración acelera la maduración, sin importar a qué temperatura fueron expuestas las plantas durante su época vegetativa. El marcado efecto de la temperatura sobre el proceso de floración se ilustra en el Cuadro 9.

Cuadro 8. Significancias estadísticas para el patrón de floración de crambi.

Fuente de variación	Días después de la siembra ^{1/}			
	41	48	55	70
Temperatura (T)	**	**	**	**
Contraste 1	ns	**	**	*
Contraste 2	ns	**	**	ns
Contraste 3	ns	**	ns	*
Cultivar (Cv)	**	**	**	ns
T x Cv	*	ns	*	ns
Contraste 1	*	ns	**	ns
Contraste 2	*	ns	ns	ns
Contraste 3	**	ns	ns	ns

^{1/}* y **: Indican diferencias significativas (P = 0.05 y P = 0.01, respectivamente).

ns: Indican diferencias no significativas (P = 0.05).

La interacción Temperatura x Cultivares fue significativa a los 41 y 55 DDS (Cuadro 8), justamente cuando inició la floración. Se observó que la temperatura alta aceleró el proceso de floración, pero los cultivares se manifestaron de manera diferente (Cuadro 10), ya que el Cv. 'Meyer' fue más precoz que el Cv. 'Prophet'

Cuadro 9. Avance promedio de floración de plantas de crambi en función de la temperatura del aire.

DDS ^{1/}	Tratamiento de temperatura			
	1	2	3	4
	Código ^{2/}			
41	0.17b ^{3/}	0.42b	1.50a	2.00a
48	1.08b	2.42a	2.75a	3.08a
55	2.58b	3.36a	3.67a	3.83a
75	4.00c	4.45b	4.58a	4.92a

^{1/} DDS = Días después de la siembra

^{2/} Código = Escala de calificación (0-5)

^{3/} Medias con la misma letra, dentro de hileras, son estadísticamente iguales (Duncan, P = 0.05).

Cuadro 10. Avance promedio de floración de plantas de crambi en función del cultivar y la temperatura del aire.

Tratamientos	Días después de la siembra (DDS)			
	41	48	50	70
	Código ^{1/}			
Temp. 1				
'Meyer'	0.33	2.00	3.50	4.00
'Prophet'	0.00	0.17	1.67	4.00
Temp. 2				
'Meyer'	0.83	3.33	3.50	4.50
'Prophet'	0.00	1.50	3.20	4.40
Temp. 3				
'Meyer'	2.33	3.16	4.00	4.83
'Prophet'	0.67	2.33	3.67	4.33
Temp. 4				
'Meyer'	3.00	4.00	4.00	5.00
'Prophet'	1.00	2.17	3.33	4.33

^{1/} Código = Escala de calificación (0-5).

Dinámica y estructura de floración

Los efectos de la temperatura fueron todavía más pronunciados en las variables que evaluaron la dinámica y estructura de floración. Dentro de esas variables se contaron el número de ramificaciones (Ra) presentes en el tallo floral principal; el número de semillas abortadas (Ab) sobre el tallo floral principal; el número de semillas amarradas (Am) sobre el tallo floral principal; y el número de flores (Fl) que resulta de la suma de Am + Ab. En el Cuadro 11 se resumen los análisis de varianza para estas variables, en donde se evidencia el efecto de la temperatura sobre la estructura de la inflorescencia.

Cuadro 11. Significancias estadísticas para la dinámica y estructura de la floración en crambi.

Fuente de variación	Ramificación ^{1/}	Aborto ^{1/}	Amarre ^{1/}	Flores ^{1/}
Temperatura (T)	**	**	**	ns
Contraste 1	*	**	**	ns
Contraste 2	**	**	**	ns
Contraste 3	**	**	**	ns
Cultivar (Cv)	ns	ns	ns	ns
T x Cv	ns	*	ns	ns
Contraste 1	ns	ns	ns	ns
Contraste 2	ns	ns	ns	ns
Contraste 3	ns	ns	ns	ns

^{1/}* y **: Indican diferencias significativas (P = 0.05 y P = 0.01, respectivamente).
ns: Indica diferencias no significativas (P = 0.05).

El patrón de ramificación fue modificado por la temperatura, de tal forma que las plantas sometidas a las bajas temperaturas durante la etapa de floración a maduración, tuvieron significativamente menos ramificaciones que las de mayor temperatura, sin importar que en la etapa vegetativa hayan sido expuestas a baja o alta temperatura (Cuadro 12). El número de flores abortadas siguió la tendencia contraria, ya que este número aumentó en las plantas sometidas a alta temperatura durante la etapa reproductiva, sin importar la temperatura a que fueron expuestas en su etapa vegetativa. Finalmente, el mejor amarre de semilla

Cuadro 12. Efecto de la temperatura sobre la dinámica y estructura de la floración de crambi

Tratamiento	Ramificación ^{1/}	Aborto ^{1/}	Amarre ^{1/}	Flores ^{1/}
1	3.7b	3.3b	15.8a	19.2a
2	4.9a	11.2a	6.7c	17.9a
3	3.0b	5.1b	12.3b	17.4a
4	4.8a	11.0a	5.8c	16.8a

^{1/} Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales (Duncan, P = 0.05).

se encontró en aquellas plantas que no fueron expuestas a altas temperaturas durante el periodo reproductivo de floración a maduración.

El número total de flores por planta no mostró diferencias significativas, lo cual indica que esta variable no fue afectada por los tratamientos de temperatura (Cuadro 12).

Producción de semilla

La producción de semilla se midió en el número y peso de semillas por planta, encontrándose que ambas características fueron afectadas significativamente por la temperatura del aire (Cuadro 13). La variación observada fue explicada por los contrastes 2 y 3. En general, al exponer las plantas a altas temperaturas durante la etapa reproductiva (Tratamientos 2 y 4) se presentó una sensible disminución en la producción de semilla (Cuadro 14).

El mayor potencial de rendimiento se expresó en el tratamiento 3 (alta temperatura en etapa vegetativa y baja temperatura en la reproductiva, seguido por el tratamiento 1 (con baja temperatura todo el ciclo). Esta respuesta sugiere que si bien las plantas de crambi son estimuladas en el crecimiento de estructuras vegetativas por las altas temperaturas recibidas durante su desarrollo vegetativo, durante la floración y maduración de la semilla requieren bajas temperaturas para lograr un mayor rendimiento.

Cuadro 13. Significancias estadísticas para número y peso de semilla por planta en crambi.

Fuente de variación	Número de ^{1/} semillas	Peso de ^{1/} semillas
Temperatura (T)	*	**
Contraste 1	ns	ns
Contraste 2	**	**
Contraste 3	**	**
Cultivar (Cv)	ns	ns
T x Cv	ns	ns
Contraste 1	ns	ns
Contraste 2	ns	ns
Contraste 3	ns	ns

^{1/}* y **: Indican diferencias significativas (P = 0.05 y P = 0.01, respectivamente).

ns: Indica diferencias no significativas (P = 0.05).

Cuadro 14. Número y peso promedio de semillas de crambi por planta, en función del tratamiento de temperatura.

Tratamientos de temperatura	Número de ^{1/} semillas	Peso de ^{1/} semillas
		mg
1	22.1ab	102.2ab
2	14.0bc	61.1bc
3	24.5a	122.2a
4	11.3c	40.7c

^{1/} Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan, P = 0.05).

CONCLUSIONES

La temperatura del aire afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas de crambi. Cuando las plantas de crambi crecen en un régimen de alta temperatura (35/25 C, día/noche) durante su etapa vegetativa, acumulan significativamente más peso seco de tallos (PST) que las plantas en régimen de baja temperatura (25/18 C). En promedio, en la etapa vegetativa, el Cv. 'Prophet' acumuló más masa radical

(peso seco de raíces, PSR) que el Cv. 'Meyer'.

El crecimiento de las plantas de crambi medido durante la floración se encontró fuertemente afectado por los tratamientos de temperatura. En alta temperatura las plantas acumularon más PST y PSR, aunque el crecimiento de la raíz se vió deprimido cuando las plantas se sometieron a cambios de alta a baja temperatura o viceversa.

Los procesos de floración y maduración de la semilla fueron influenciados directamente por las temperaturas. Ambos procesos fueron más precoces en alta temperatura. El Cv. 'Meyer' presentó una floración más temprana que el Cv. 'Prophet'; sin embargo, a los 70 días después de la siembra no se observaron diferencias genéticas significativas en el avance de maduración.

El régimen de alta temperatura fue más limitante en el periodo de floración y maduración de la semilla, pues aunque indujo un mayor número de ramificaciones del tallo floral, aumentó la cantidad de semillas abortadas y redujo el amarre de fruto.

La producción de semilla por planta fue drásticamente reducida por el tratamiento de alta temperatura durante el periodo de floración a maduración de la semilla, aunque la producción de semilla se vió estimulada por el tratamiento de alta temperatura en el periodo vegetativo.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, C.A. and R.W. Binne. 1981. Seed maturation in soybean (*Glicine max* L. Merr) is independent of seed mass and of the parent plant, yet is necessary for production of viable seed. *J. Exp. Bot.* 32:615-620.
- Blum, A. and A. Ebercon. 1981. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Sci.* 21: 43-47.
- Levitt, J. 1951. Frost, drought and heat resistance. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 2: 245-268.
- Levitt, J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press. New York.

- Neter, J. and W. Wasserman. 1974. Applied linear statistical models. Regression, analysis of variance, and experimental designs. Richard D. Irwin, Inc. Homewood, Illinois.
- Pal, V.R., R.R. Johnson, and R.H. Hageman. 1976. Nitrate reductase activity in heat (drought) tolerant and intolerant maize genotypes. *Crop Sci.* 16:775-779.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York.
- Sullivan, C.Y. and W.M. Ross. 1979. Selecting for drought and heat resistance in grain sorghum. In: H. Mussell and R.C. Staples (eds). *Stress Physiology in Crop Plants*. John Willey & Sons. New York.
- Watts, W.R. 1974. Leaf extension in *Zea mays*. III. Field measurements of leaf extension in response to temperature and leaf water potential. *J. Exp. Bot.* 25:1085-1096.
- Weis, E. 1981. Reversible heat inactivation of the Calvin cycle: A possible mechanism of the temperature regulation of photosynthesis. *Planta* 151: 33-39.
- Wiegand, C.L. and J. A. Cuellar. 1981. Duration of grain filling and kernel weight of wheat, as affected by temperature. *Crop Sci.* 21: 95-101.
- Zimmerman, L.H. 1978. Selection of safflower for tolerance to temperature and humidity stress during flowering. *Crop Sci.* 18: 755-757.