

INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN Y DEL AMBIENTE DE ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DE SEMILLA DE CEBOLLA

FERTILIZATION AND STORAGE ENVIRONMENT INFLUENCE ON ONION SEED QUALITY

Adrián Hernández Livera¹, Julio Arturo Estrada Gómez¹, Abraham Juárez de la Cruz¹ y Oscar Javier Ayala Garay¹

RESUMEN

Para estudiar el efecto de la fertilización y de las condiciones ambientales de almacenamiento sobre la calidad de la semilla de cebolla (*Allium cepa* L.), se realizó la presente investigación en dos fases empleando semilla de las variedades Cojumatlán y Red Burgundy producida en 1994 con 15 tratamientos de fertilización (NPK). La primera fase consistió de una prueba de envejecimiento acelerado (EA), donde las semillas fueron sometidas a condiciones de 41°C y 100% de humedad relativa (HR) durante 0 (testigo), 48, 72 y 96 horas. La segunda fase se inició almacenando la semilla remanente de los 15 tratamientos de fertilización en bolsas de papel, en los ambientes y condiciones de temperatura y humedad relativa siguientes: Banco de germoplasma (-2°C y 14% HR), Bodega (17-21°C y 50% HR) y Laboratorio (9-38°C y 35% HR). Se evaluó la calidad fisiológica a los dos, tres y seis meses de almacenamiento. En las dos fases se realizaron pruebas de vigor utilizando semilleros de madera con arena esterilizada como sustrato. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron velocidad de emergencia (VE) y porcentaje de emergencia (PE). Se encontró un efecto de la fertilización nitrogenada sobre las variables VE y PE principalmente; observándose una mejor respuesta con 153 kg ha⁻¹ respecto a dosis más altas. Las variedades respondieron de manera semejante al envejecimiento acelerado; sin embargo, la semilla de la variedad Cojumatlán tuvo mayor vigor después de seis meses de almacenamiento. Las condiciones de almacenamiento no afectaron el PE ni la VE durante los tres primeros meses, pero a los seis meses se observó un

marcado deterioro de la calidad en todos los casos. No existió una respuesta diferencial de la semilla de las variedades Cojumatlán y Red Burgundy al envejecimiento acelerado, pero sí existieron diferencias en el patrón de deterioro de la semilla entre variedades, ya que la semilla de la variedad Red Burgundy tendió a un mayor deterioro después de seis meses de almacenamiento.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Allium cepa L., fertilización, calidad de semilla, almacenamiento.

SUMMARY

In order to study fertilization and storage conditions effects over onion (*Allium cepa* L.) seed quality cv. Cojumatlán and Red Burgundy, this study was done in two phases using seed obtained under 15 fertilization treatments. The first phase consisted in an accelerated aging test under 41°C and 100% relative humidity during 0 (check), 48, 72 and 96 hours. After that the second phase started with remnant seed stored under the following three temperature and relative humidity combinations: -2°C and 14% RH, 17-21°C and 50% RH, and 9-38°C and 35% RH. Seed physiological quality was evaluated at two, three and six months storage periods. Sand bed vigor test was done in the seed from the two experimental phases. A randomized complete block design was used. The variables measured were: emergency velocity (EV) and emergency percentage (EP). The obtained results showed that mainly there was a nitrogen fertilization effect, and the best result was obtained with the 153 kg ha⁻¹ nitrogen treatment. The two varieties responded the same for the accelerated aging treatments; however, in the Cojumatlán

¹ Programa de Producción de Semillas. IREGEP. Colegio de Postgraduados. 56230, Montecillo, Edo. de México. Tel. y Fax: 01(595) 2-0200 Ext. 1555. E-mail: helasamr@colpos.colpos.mx

cultivar, vigor increased after the six month seed storage condition. Three months storage conditions didnot affect emergency velocity and emergency percentage, but after six months storage conditions an outstanding deterioration in all the cases was observed. There was not a differential respose to accelerated aging between the two varieties, but there were differences between deterioration varieties patron, that is, in the Red Burgundy variety a higher seed deterioration was observed after the sixth months storage period.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Allium cepa L., fertilization, seed quality, storage.

INTRODUCCIÓN

México es un país exportador de hortalizas; pero tiene la necesidad de importar alrededor del 90% de la semilla que utiliza para la producción de dichas especies, ya sean para consumo nacional o para la exportación (Gámez, 1995).

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las cinco hortalizas más importantes del país. La Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural informó en 1995 de una superficie sembrada de 34,120 hectáreas, que produjeron alrededor de 662,173 toneladas, ubicando con esto a México dentro de los 10 países de mayor producción; sin embargo, uno de los problemas que enfrentan los productores de cebolla a nivel nacional es la falta de semilla de buena calidad, ya que en el país sólo se produce el 25% de la semilla requerida para este cultivo (Berzoza, 1993), propiciando una fuerte dependencia del exterior para satisfacer la demanda de semilla de variedades e híbridos, con la consecuente fuga de divisas (Gámez, 1995).

El problema de disponibilidad de semilla de cebolla se debe, entre otras causas, a que la tecnología disponible en nuestro país para producir semilla de cebolla, con pequeñas

variantes, es idéntica a la utilizada para la producción como hortaliza o bien, está basada en experiencias en el extranjero y se ha tenido que adecuar a las condiciones de la agricultura de México.

De lo anterior, surge la necesidad de conducir investigaciones relacionadas con los aspectos de mejoramiento genético, producción, certificación, distribución y conservación de semillas certificadas. Adicionalmente, se reconoce que regiones geográficas como el Noroeste, el Norte de Guanajuato y el Norte de Chihuahua, que cuentan con las condiciones ambientales necesarias para la buena producción de semilla de cebolla y otras especies hortícolas bianuales, son sitios donde la humedad relativa y temperaturas altas prevalecen durante los periodos de madurez y almacenamiento, ocasionando un rápido deterioro de la calidad de la semilla, que se manifiesta en la reducción de la germinación y el vigor. En estas condiciones se estima que un lote de semilla de cebolla puede perder totalmente su capacidad germinativa en un año (Salinas, 1985; George, 1989; Gámez, 1995).

Durante el almacenamiento, los factores que más efecto tienen sobre la longevidad son la temperatura, la humedad relativa y el contenido de humedad de las semillas (Bass, 1980; Bewley y Black, 1986); lo cual representa un problema serio en países como México donde, en general, no se proporciona las condiciones adecuadas para el almacenamiento de la semilla (Ramírez, 1989).

Con el propósito de contribuir al conocimiento del efecto de las condiciones ambientales de almacenamiento sobre el deterioro de la calidad fisiológica de la semilla, se desarrolló la presente investigación utilizando semilla de dos variedades de cebolla, producidas en 1994 mediante 15 tratamientos de fertilización (Gámez, 1995) y almacenadas en tres condiciones diferentes de temperatura y humedad relativa, con la preten-

sión de alcanzar los siguientes objetivos: 1) estudiar el efecto de diferentes niveles de fertilización nitrógenada, fosfórica y potásica sobre la calidad fisiológica de la semilla; 2) evaluar el efecto de diferentes ambientes y períodos de almacenamiento en la calidad de la semilla; y 3) comparar los efectos del envejecimiento natural de la semilla almacenada en diferentes ambientes con los de un envejecimiento acelerado.

REVISIÓN DE LITERATURA

La calidad de la semilla está definida por un conjunto de atributos que contribuyen al establecimiento y desarrollo de las plantas en el campo, en donde la calidad genética, física, sanitaria y fisiológica juegan un papel importante (Copeland y McDonald, 1985; Márquez, 1990; Mora, 1991).

Específicamente la calidad fisiológica está referida a las características de viabilidad de las semillas y a la capacidad de germinación y vigor para establecer nuevos individuos; calidad que es resultado de la expresión de factores propios del genoma de la semilla y de su interacción con los factores ambientales que la rodean durante su desarrollo, cosecha y almacenamiento (Copeland y McDonald, 1985; Valadez, 1991).

La calidad fisiológica se ha evaluado mediante la capacidad germinativa de la semilla; sin embargo, el concepto de vigor hoy en día está tomando mayor relevancia, ya que la prueba de germinación rara vez es capaz de predecir el desempeño de las semillas en campo (Burbano, 1991). Para determinar la calidad fisiológica se ha establecido además de la prueba de germinación, diversas pruebas de vigor (Copeland y McDonald, 1985; Burbano, 1991) las cuales se pueden agrupar en pruebas de crecimiento, pruebas de estrés, y pruebas bioquímicas y fisiológicas.

El término vigor involucra dos aspectos: el genético y el fisiológico; el primer caso se observa por las diferencias entre lotes genéticamente diferentes y el segundo, por las diferencias entre lotes de un mismo origen genético, lo cual implica que el ambiente de producción tiene una gran influencia en el vigor fisiológico (Moreira y Nakagawa, 1988).

La calidad de la semilla está determinada por factores como la constitución genética, condiciones climáticas durante su producción en campo, madurez al momento de la cosecha, tamaño y peso de la semilla, daño mecánico, patógenos y deterioro y longevidad durante el almacenamiento; además el vigor está influenciado por el nivel nutricional de la planta madre (Copeland y McDonald, 1985; Moreira y Nakagawa, 1988).

Ahmed (citado por George, 1989) demostró que la nutrición de los bulbos de cebolla en su formación, tiene un efecto importante en la producción y calidad de la semilla; ya que al aplicar 150 kg de nitrógeno (N) por hectárea y niveles equilibrados de fósforo (P) y potasio (K), se produjo plantas con bulbos mayores y más productivos. También la producción de semilla aumentó al aplicar 150 kg ha⁻¹ de N después del trasplante, mientras que las aplicaciones de P y K no tuvieron efecto si no se aplicó el N. Adicionalmente, encontró que aplicar N durante la floración en dosis menores a 100 kg ha⁻¹ mejora la calidad de la semilla de cebolla sin disminuir el rendimiento.

En el mismo sentido, George (1989) indica que las plantas que han recibido relativamente elevados niveles de potasio en el primer ciclo, producen bulbos con niveles más altos de este elemento y semilla de mejor calidad en el segundo ciclo, lo que demuestra una transmisión del efecto nutritivo durante la etapa de formación de bulbo sobre la producción de semilla. Este autor opina que lo más importante de los trabajos de Ahmed fue el haber encontrado que el N

aplicado en el segundo año del ciclo aumentó los rendimientos de semilla de cebolla; sin embargo, hubo una disminución de la calidad.

Por otra parte, Castellanos (1986) al aplicar diferentes dosis de N en semilla de cebolla producida por el método bulbo-semilla en Montecillo, Méx., no encontró efectos para porcentaje de germinación, longitud de radícula, longitud de tallo y peso seco de plántula.

Moreira y Nakagawa (1988) indican que en la producción de semillas es necesario establecer dosis base de fertilización para cada especie, ya que una planta bien nutrida está en condiciones de producir más semilla con buena formación de embrión y tejido de reserva, lo cual influye en su composición química, metabolismo y en el vigor de la misma.

En relación con el almacenamiento de la semilla, George (1989) afirma que los dos factores más importantes que pueden afectar su calidad durante el almacenamiento son la temperatura y la humedad relativa, y que en la práctica, el efecto combinado de estos factores es el que reduce su longevidad; mientras que Harrington (citado por Santacruz, 1994) opina que la temperatura y el contenido de humedad son los factores que más afectan la longevidad de la semilla. Por su parte, Duffus y Slaughter (1980) señalan que mientras más bajas sean la temperatura, el contenido de humedad de la semilla y la disponibilidad de oxígeno, las semillas almacenadas permanecerán viables por más tiempo.

Delouche *et al.* (citados por George, 1989), realizaron un experimento con semilla de cebolla de alta calidad, para observar el efecto conjunto de la temperatura y la humedad relativa (HR) altas sobre el contenido de humedad de la semilla y sobre su deterioro. Encontraron que la semilla a 7 °C y 45% de HR al inicio del almacenamiento tuvo 96% de germinación, a los

12 meses 96% y a los 30 bajó a 94%. En condiciones de ambiente natural a los 6 y 12 meses de almacenamiento tuvo el mismo 42% de germinación y con 30 °C y 75% de HR a los 6 meses presentó 0% de germinación (total deterioro).

Matthews y Powell (1986) indican que en general la sobrevivencia de una población de semillas sigue el patrón típico de muchos organismos vivos, consistente en un período inicial prolongado en el que pocas semillas mueren, seguido por una disminución rápida de la viabilidad donde pocas semillas mantienen la viabilidad por más tiempo. También afirman que la posición de un lote de semillas en una curva de sobrevivencia se puede detectar usando la prueba de "deterioro controlado", donde la germinación de cada lote de semillas después de la prueba dependerá de su posición inicial; es decir, que un lote de semillas presentará una germinación mayor a otro fisiológicamente más viejo, aún cuando antes de la prueba ambos tuviesen una germinación igual. Finalmente agregan que la prueba de "deterioro controlado" en semilla de cebolla, está estrechamente relacionada con la germinación de la semilla en campo y con el potencial de almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en el Programa Interdisciplinario de Producción de Semillas (PIPS) del Instituto de Recursos Genéticos y Productividad (IREGEP) del Colegio de Postgraduados en Montecillo, México.

La investigación consistió de dos fases empleando semilla de cebolla de las variedades Cojumatlán y Red Burgundy producida en 1994 con 15 tratamientos de fertilización (Gámez, 1995). En la primera fase se hizo una evaluación de la calidad fisiológica de las semillas sometidas a la prueba de envejecimiento acelerado

(EA), aplicando la metodología indicada por Delouche y Baskin (1973); consistente en someter a las semillas a una temperatura de 41°C y 100% de humedad relativa (HR). Los períodos de EA fueron de 0 (testigo), 48, 72 y 96 horas.

La segunda fase del trabajo se inició con el almacenamiento de la semilla remanente de los 15 tratamientos de fertilización en bolsas de papel, en los ambientes y condiciones siguientes: Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo (BG) donde las condiciones fueron controladas en -2°C y 14% de HR; bodega del PIPS (B) con 17-21°C y 50% de HR, y el Laboratorio de Acondicionamiento de Semillas del PIPS (L) con 9-38°C y 35% de HR.

En los dos últimos casos las temperaturas y la HR de los ambientes se tomaron diariamente utilizando termómetros de máxima y mínima, y con un psicrómetro manual. La calidad fisiológica de la semilla almacenada en los tres ambientes se evaluó mediante pruebas de vigor a los dos, tres y seis meses de almacenamiento, que correspondieron a los meses de marzo, abril y julio de 1995, respectivamente.

En ambas fases del estudio, se utilizaron 400 semillas de cada tratamiento de fertilización por genotipo para formar cuatro repeticiones de 100 semillas cada una, en un diseño de bloques completos al azar. La siembra se efectuó en semilleros de madera de 2.5 x 1.0 m, con arena esterilizada como sustrato. La parcela útil dentro del semillero fue de un surco de 0.75 m de longitud, con una distancia de 5 cm entre surcos. Se aplicó un riego al momento de la siembra y después cada tercer día, para mantener húmedo el sustrato. Los semilleros se colocaron bajo un invernadero móvil tipo "túnel" con estructura metálica y cubierta de polietileno.

Las variables estudiadas fueron: porcentaje de emergencia (PE), con base en el número de plántulas emergidas a los 18 días de iniciada la prueba; y velocidad de emergencia (VE),

calculada según Maguire (Copeland y McDonald, 1985):

$$VE = \sum_i \left(\frac{X_i}{N_i} \right)$$

donde: X_i = Número de semillas emergidas por día; N_i = Número de días después de la siembra.

Como referencia se determinó en dos fechas (30 de marzo y 20 de mayo de 1995), el contenido de humedad de la semilla de los diferentes ambientes de almacenamiento por el método de la estufa (Moreno, 1984). Para esto se colocó muestras de semilla en una estufa a 130°C durante 50 minutos.

Para cada prueba de vigor se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS. En el caso de la variable PE se estandarizó los valores previamente con la función: $E' = \text{arsen}(PE/100)^{1/2}$, los resultados se reportan en forma porcentual. Asimismo, se realizó pruebas comparativas de medias utilizando la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los tratamientos de fertilización sobre la calidad fisiológica de la semilla, expresada en términos de porcentaje de emergencia (PE), en las dos fases consideradas en la investigación, se presentan en el Cuadro 1; en donde, para la prueba de envejecimiento acelerado (EA) se puede observar que, no obstante que seis tratamientos fueron estadísticamente superiores, sobresalen tres que corresponden a la misma dosis de 153 kg de N ha⁻¹ (F4, F1 y F2, respectivamente) los cuales presentaron valores mayores al 80% de emergencia, por lo que la semilla correspondiente a esos tratamientos se clasificó como de buen vigor; lo cual no sucedió con los tres tratamientos restantes (F5, F11 y F13). Adicionalmente, se puede señalar que con el trata-

Cuadro 1. Efecto del envejecimiento acelerado y tiempo de almacenamiento, en el porcentaje de emergencia de las semillas obtenidas con las 15 fórmulas de fertilización

Fertilización (N-P-K)	Prueba de EA	Duración del almacenamiento (meses)		
		2	3	6
F1 153-079-14	83 ab ¹	85 a	88 ab	42 a
F2 153-079-26	81 abc	80 a	85 ab	35 a
F3 153-121-14	67 ef	82 a	86 ab	43 a
F4 153-121-26	84 a	86 a	91 a	42 a
F5 207-079-14	76 abcde	81 a	86 ab	44 a
F6 207-079-26	71 def	84 a	86 ab	43 a
F7 207-121-14	74 cdef	86 a	87 ab	42 a
F8 207-121-26	71 def	81 a	81 b	34 a
F9 180-100-20	66 f	81 a	83 b	42 a
F10 099-079-14	75 def	78 a	82 b	32 a
F11 261-121-26	77 abcd	82 a	88 ab	36 a
F12 153-037-14	73 cdef	85 a	87 ab	38 a
F13 207-163-26	76 abcd	80 a	81 b	33 a
F14 153-079-02	74 cdef	82 a	81 b	36 a
F15 207-121-38	76 bcde	84 a	84 ab	37 a

¹Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha = 0.05$).

Cuadro 2. Efecto del envejecimiento acelerado y tiempo de almacenamiento, en la velocidad de emergencia de las semillas obtenidas con las 15 fórmulas de fertilización.

Fertilización (N-P-K)	Prueba de EA	Duración del almacenamiento (meses)		
		2	3	6
F1 153-079-14	1.53 ab ¹	2.09 abc	2.46 ab	1.02 a
F2 153-079-26	1.46 abc	1.95 bc	2.38 ab	0.84 a
F3 153-121-14	1.19 f	2.05 abc	2.40 ab	1.04 a
F4 153-121-26	1.56 a	2.19 a	2.61 a	0.99 a
F5 207-079-26	1.43 abcd	2.06 abc	2.45 ab	1.04 a
F6 207-079-26	1.28 def	2.13 ab	2.43 ab	1.03 a
F7 207-121-14	1.34 cdef	2.13 ab	2.44 ab	1.02 a
F8 207-121-26	1.29 def	1.99 abc	2.26 b	0.82 a
F9 180-100-20	1.20 ef	2.00 abc	2.32 b	1.02 a
F10 099-079-14	1.37 cd	1.89 c	2.27 b	0.77 a
F11 261-121-26	1.40 bcd	2.08 abc	2.47 ab	0.87 a
F12 153-037-14	1.33 cdef	2.10 abc	2.43 ab	0.93 a
F13 207-163-26	1.42 abcd	2.02 abc	2.27 b	0.81 a
F14 153-079-02	1.35 cde	2.04 abc	2.28 b	0.86 a
F15 207-121-38	1.41 abcd	2.09 abc	2.36 b	0.90 a

¹Medias con la misma letra en cada columnas no difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha = 0.05$).

miento F9 (180N-100P-020K), dosis recomendada por Cruz y Cruz (1990)¹ para la producción de semilla de cebolla, se obtuvo el valor más bajo de PE (-17%) respecto al promedio (83%) de los tres superiores. Lo anterior difiere con lo encontrado por Castellanos (1986), quien al estudiar el efecto de la fertilización sobre la calidad de semilla de cebolla cv Santa Cruz, concluyó que los niveles de nitrógeno (75 y 150 kg ha⁻¹) no afectaron la calidad de la semilla en términos de PE y VE.

Con respecto al tiempo de almacenamiento (segunda fase de la investigación), se encontró que después de dos meses de almacenamiento de la semilla, el porcentaje de emergencia para cada tratamiento de fertilización fue el mismo estadísticamente; no obstante, los valores numéricamente más altos de PE se obtuvieron en los tratamientos F4, F7, F1 y F12, donde en tres de ellos estuvo incluida la dosis de 153 kg de N ha⁻¹.

Después de tres meses de almacenamiento de la semilla, la prueba de medias separó únicamente dos grupos de tratamientos; pero el tratamiento F4 (153N-121P-026K) sobresalió como el de máximo valor de PE y los tratamientos F8, F9, F10, F13 y F14 como los de porcentaje de emergencia estadísticamente más bajo (-9% respecto al F4). Finalmente, después de seis meses de almacenamiento no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos; pero sí se observó un marcado deterioro en la calidad fisiológica de la semilla en función de la variable PE, el cual se redujo en promedio de 50%. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Ellis y Roberts (1983) y López (1994), quienes afirman que la germinación, el porcentaje de emergencia y el vigor son componentes de la calidad fisiológica que

disminuyen al avanzar el período de almacenamiento.

En cuanto al efecto del EA y el tiempo de almacenamiento sobre la VE (Cuadro 2), se puede observar un comportamiento similar al de la variable PE, en el sentido de que los tratamientos F4, F1 y F2 quedaron entre los sobresalientes, aunque el tratamiento F3 con igual nivel de nitrógeno, pero con 121 kg de fósforo, fue el de menor velocidad de emergencia.

Con relación al tiempo de almacenamiento, se encontró que después de dos y tres meses el mejor tratamiento fue el F4; mientras que a los seis meses los mejores fueron el F5, F3 y F6. De manera similar a lo observado en la variable PE, sobresalió ligeramente la dosis de 153 K ha⁻¹ de N en los primeros meses, aunque después, la semilla sufrió un deterioro similar; lo cual coincide con lo reportado por Gámez (1995), respecto a que la semilla obtenida con el tratamiento F4 (153N-121P-26K) tuvo un mayor PE y VE cuando fue sembrada en almacigueros.

Respecto al factor variedades, en el Cuadro 3 se puede observar su comportamiento en las variables PE y VE en las dos fases de la investigación.

Como se puede notar en la prueba de envejecimiento acelerado, no hubo diferencias significativas entre variedades para ninguna de las variables, lo que significa que el deterioro artificial afectó de igual manera a la semilla de ambas variedades; sin embargo, destaca el hecho de que la variedad Cojumatlán siempre tendió a dar un mejor comportamiento para el caso de la variable VE.

Con respecto a la capacidad de almacenamiento de la semilla, se observó que durante los tres primeros meses, la variedad Red Burgundy tuvo una mayor emergencia (PE); sin embargo,

¹ Roberto Ángel Cruz Garza y Blas Cruz Lagunas (Comunicación personal). Depto. de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 56230 Chapingo, Méx. Tel y Fax: 01(595) 4-0957.

Cuadro 3. Efecto del envejecimiento acelerado y tiempo de almacenamiento, en las variables de vigor evaluadas en las variedades Cojumatlán y Red Burgundy.

Tratamiento	Porcentaje de emergencia		Velocidad de emergencia	
	Cojumatlán	R. Burgundy	Cojumatlán	R. Burgundy
Fase 1. EA (horas)				
0	84.12 a ¹	85.77 a	1.73 a	1.60 ab
48	75.11 b	75.69 b	1.44 bc	1.26 cd
72	71.99 bc	71.79 bc	1.34 c	1.22 d
96	65.30 c	68.32 bc	1.21 d	1.17 d
Fase 2. Almacenamiento (meses)				
2	80.17 b	84.69 a	2.06 a	2.05 a
3	83.43 b	86.79 a	2.41 a	2.37 a
6	46.86 a	30.50 b	1.14 a	0.72 b

¹Medias con diferente letra en las hileras y variables difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha = 0.05$).

Cuadro 4. Comportamiento de la variable porcentaje de emergencia en los diferentes ambientes y tiempos de almacenamiento.

Ambientes de almacenamiento (Temperatura y HR)	Meses de almacenamiento			
	0	2	3	6
BG (-2°C y 14%)	85 a ¹	83 a	85 ab	37 a
B (17-21°C y 50%)	85 a	80 a	84 b	43 a
L (9-38°C y 35%)	85 a	84 a	87 a	36 a

¹Medias con la misma letra en cada columnas no difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha = 0.05$).

Cuadro 5. Porcentaje de humedad de la semilla en los diferentes ambientes de almacenamiento y fechas de muestreo.

Ambientes de almacenamiento	Variedades			
	Cojumatlán		Red Burgundy	
	30 Marzo	20 Mayo	30 Marzo	20 Mayo
B. Germoplasma	8.83 a ¹	8.92 a	9.03 a	10.22 a
Bodega	8.00 a	7.79 a	7.65 a	6.38 a
Laboratorio	6.85 a	7.20 a	7.42 a	8.07 a

¹Medias con la misma letra en cada columnas no difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha = 0.05$).

Cuadro 6. Comportamiento de la variable velocidad de emergencia en los diferentes ambientes (banco de germoplasma = BG, bodega = B, laboratorio L) y tiempos de almacenamiento.

Condiciones de temperatura y HR	Meses de almacenamiento			
	0	2	3	6
BG (-2°C y 14%)	1.67 a ¹	2.03 a	2.35 a	0.90 a
B (17-21°C y 50%)	1.67 a	2.03 a	2.39 a	1.03 a
L (9-38°C y 35%)	1.67 a	2.10 a	2.43 a	0.86 a

¹Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha = 0.05$).

después de seis meses presentó un mayor deterioro respecto a la variedad Cojumatlán, lo que indica una mayor capacidad de almacenamiento por parte de esta última variedad. De acuerdo con López (1994), dentro de una misma especie, pequeñas diferencias en la constitución genética pueden dar lugar a variaciones en germinación, viabilidad y vigor. Además, señala que varios autores han reportado diferencias en longevidad de la semilla entre variedades dentro de especies en hortalizas, frijol y maíz.

En cuanto a las condiciones de almacenamiento, en el Cuadro 4 se presenta los resultados de la variable PE en los diferentes ambientes y tiempos de almacenamiento.

Como se puede observar, la semilla presentó un deterioro similar en los tres ambientes; no obstante que en el Banco de Germoplasma las condiciones de temperatura y humedad relativa fueron más bajas, por lo que se esperaba menor deterioro de la semilla respecto a los otros dos ambientes de almacenamiento; sin embargo, esto podría relacionarse con el hecho de que la semilla almacenada en el Banco de Germoplasma tenía mayor humedad, como se puede constatar en el Cuadro 5. En este sentido, Bass (1980) y Copeland y McDonald (1985) señalan que el contenido de humedad de la semilla es el factor más importante para su conservación durante el almacenamiento.

Asimismo, se puede ver (Cuadro 4) que la calidad de la semilla se mantuvo alta durante los tres primeros meses de almacenamiento; pero, después de seis meses registró un deterioro marcado. Esto concuerda con el modelo de deterioro de la semilla propuesto por Matthews y Powell (1986), en el sentido de que la sobrevivencia de una población de semillas sigue el patrón típico de muchos organismos, el cual consiste de un período inicial prolongado en el que pocas semillas mueren, seguido por una disminución rápida de la viabilidad, ocasionando

que un pequeño número de semillas mantengan su capacidad de germinación.

Con respecto al comportamiento de la variable VE durante el período de almacenamiento, en el Cuadro 6 se observa que la velocidad de emergencia aumentó paulatinamente durante los tres primeros meses de almacenamiento, esto es atribuido a la temperatura del ambiente donde se realizaron las pruebas (Dearman *et al.*, 1986; Weller y Ellis, 1992) ya que en Montecillo, Méx., hay un incremento de la temperatura en los meses de enero a mayo (García, 1988), período que coincidió con los meses en que se realizaron las primeras tres pruebas de vigor.

CONCLUSIONES

Con base en los objetivos planteados y los resultados obtenidos se concluyó lo siguiente:

El efecto de la fertilización con N-P-K sobre la calidad fisiológica de la semilla de cebolla, expresada en términos de porcentaje y velocidad de emergencia de plántulas, no fue totalmente concluyente para ninguna de las dosis probadas; pero el tratamiento F4 (153N-121P-26K) tendió a dar los mejores resultados.

Las condiciones de almacenamiento no afectaron la calidad fisiológica de la semilla de cebolla durante los tres primeros meses, pero a los seis meses se observó un fuerte deterioro, manifestado por la disminución en la expresión de las variables porcentaje de germinación y velocidad de emergencia.

No existió una respuesta diferencial de la semilla de las variedades Cojumatlán y Red Burgundy al envejecimiento acelerado, pero sí hubo diferencias en el patrón de deterioro de la semilla entre variedades, ya que la semilla de la variedad Red Burgundy tendió a un mayor

deterioro después de seis meses de almacenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Bass, L. N. 1980.** Seed viability during long-term storage. *Horticultural Reviews*. Vol. 2: 117-141.
- Berzoza M., M. 1993.** Caracterización agroclimática de áreas para la producción de semilla de cebolla. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Agrometeorología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 99 p.
- Bewley, D.J. and M. Black. 1986.** Seeds: Physiology of development and germination. Plenum Press. New York and London. 367 p.
- Burbano A., E. 1991.** Importancia y aplicaciones del vigor de semilla. *In*: Control de Calidad en el Campo, Beneficio y Almacenamiento. Irastorza M., H. (comp.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 198 p.
- Castellanos S., A. 1986.** Efecto del tamaño de bulbo, densidad de siembra y dosis de nitrógeno en el rendimiento y calidad de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. 126 p.
- Copeland, L. O. and M. B. McDonald. 1985.** Principles of Seed Science and Technology. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota. USA. pp: 120-144.
- Dearman, J.; P.A. Brocklehurst and R.L. Drew. 1986.** Effects of osmotic primming and ageing on onion seed germination. *Annals Applied Biology* 108: 639-648.
- Duffus, C. y C. Slaughter. 1980.** Las semillas y sus usos. AGT Ed. S. A. Mexico, D. F. 188 p.
- Ellis R., H. y E. H. Roberts. 1983.** Hacia una base racional para evaluar la calidad de la semilla. *In*: Producción Moderna de Semillas. P.D. Hebblethwait (ed.). Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. pp:717-753.
- Gómez M., H. E. 1995.** Efecto de la fertilización sobre la producción y calidad de semilla de cebolla producida por el método semilla-semilla. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACh. Chapingo, Mex. 71 p.
- García, E. 1988.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM. Cuarta Edición. México, D.F. 217 p.
- George, A. T. R. 1989.** Producción de semillas de plantas hortalizas. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 330 p.
- López S., H. 1994.** Deterioro de la calidad fisiológica de diferentes semillas agrícolas en función del ambiente de almacenamiento. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa Interdisciplinario de Producción de Semillas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 114 p.
- Márquez C., L. A. 1990.** Rendimiento y calidad de la semilla de avena en relación a la fertilización, densidad de siembra y zona de producción. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 97 p.
- Matthews, S., and A.A. Powell. 1986.** Environmental and physiological constraints on field performance of seed. *HortScience* 21 (5): 1125-1128.
- Mora A., R. 1991.** Métodos para sincronizar la floración en líneas parentales de sorgos híbridos y su efecto en la calidad de semilla. Tesis de Maestría en ciencias. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 103 p.
- Moreira de C., N. y J. Nakagawa. 1988.** Semillas: Ciencia, tecnología y producción. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, S.R.L. Montevideo, Uruguay. 406 p.
- Moreno M., E. 1984.** Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. México, D.F. 383 p.
- Ramírez S., J. 1989.** La endogamia y sus efectos sobre la producción y calidad de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 94 p.

- SAGAR. 1995.** Centro de estadística Agropecuaria. Subsecretaría de Planeación. México. pp: 151-156.
- Salinas G., J. 1985.** Problemática de la producción de semillas hortícolas en México. *In*: Memoria de la Reunión Nacional sobre Producción de Semillas en México. Mendoza R., M., A. Carballo C., L.E. Mendoza O., A. Estrada G., P. Ramírez V. y A. Hernández L. (Eds.) Chapingo, Méx. 23-25 septiembre de 1995. Sociedad Mexicana de Fitogenética. pp: 50-55.
- Santacruz V., A. 1994.** Conservación de germoplasma en diferentes ambientes y tipos de envases. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 162 p.
- Valadez R., M. 1991.** La calidad en semilla de maíz bajo dos condiciones de manejo en distintas etapas del período de llenado de grano. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 74 p.
- Wheeller, T.R. and R.H. Ellis. 1992.** Seed quality and seedling emergence in onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Horticultural Science* 67 (3): 319-332.