

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN LA DIFERENCIACION Y FLORACION DE NARDO (*Polianthes tuberosa* L.).

EFFECT OF HEAT TREATMENTS ON DIFFERENTIATION AND FLOWERING OF TUBEROSE (*Polianthes tuberosa* L.).

Jaime David Silva-Morales¹, Ma. Claudia Castañeda-Saucedo²,
Rodrigo Barba-González¹, Jacobo Rodríguez-Campos³ y Ernesto Tapia-Campos^{1*}

¹Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ), Unidad de Biotecnología Vegetal, Zapopan, Jalisco, México. ²Universidad de Guadalajara, Centro Universitario del Sur, Laboratorio de Fisiología Vegetal, Ciudad Guzmán, Jalisco, México. ³CIATEJ, Unidad de Servicios Analíticos y Metrológicos, Zapopan, Jalisco, México.

*Autor de correspondencia (etapia@ciatej.mx)

RESUMEN

El nardo (*Polianthes tuberosa* L.) es una planta ornamental producida en todo el mundo, principalmente como flor de corte. Una limitante de la producción de nardo es el control del tiempo de floración, para lo cual se han estudiado diferentes estrategias, una de estas es el pretratamiento de los cormos con temperaturas. En el presente estudio, cormos de nardo se sometieron a dos temperaturas de almacenamiento (4 y 27 °C) por 4, 5, 6 y 7 semanas, además de dos testigos: cormos mantenidos a temperatura ambiente (T0) y cormos con pretratamiento con AG₃ (200 ppm). Las variables evaluadas fueron el largo del meristemo (LM), ancho del meristemo (AM), días a la brotación (DAB), días a floración (DAF), longitud del tallo floral (LT), diámetro del tallo (DT), longitud de la espiga (LE) y número de flores (NF). El mayor crecimiento y diferenciación del meristemo se presentaron después del establecimiento de los cormos en invernadero; los tratamientos a 27 °C adelantaron la brotación de las primeras hojas. Los tratamientos de 27 °C por 6 semanas y de 4 °C por una semana presentaron menores días a floración (100.8 y 104.0 respectivamente). En general, los cormos tratados a 27 °C presentaron mayor homogeneidad en la curva de cosecha sin afectar el resto de las variables evaluadas, lo cual es importante porque tales tratamientos pueden usarse para controlar la floración de nardo sin afectar la calidad.

Palabras clave: Floricultura, forzamiento, temperatura de almacenamiento, transición floral.

SUMMARY

Tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) is an ornamental plant produced worldwide, mainly as a cut flower. A limitation of tuberose production is the control of flowering time, for which different strategies have been evaluated, one of these is the pretreatment of the corms with temperature. In this study, corms of tuberose were subjected to two storage temperatures (4 and 27 °C) for 4, 5, 6 and 7 weeks, in addition to two controls: corms kept at room temperature (T0) and corms with a pretreatment with GA₃ (200 ppm). The variables evaluated were meristem length (ML), meristem width (MW), days to sprouting (DS), days to flowering (D), flower stem length (FSL), flower stem diameter (FSD), spike length (SL) and number of flowers (NF). The fastest growth and differentiation of the meristem occurred after the establishment of corms in the greenhouse; treatments at 27 °C advanced the sprouting of the first leaves. The treatments of 27 °C for six weeks and 4 °C for one week showed fewer days to flowering (100.8 and 104.0 respectively). In general, corms treated at 27 °C showed greater homogeneity in the harvest curve without affecting the rest of the

variables evaluated, which is important because such treatments can be used to control tuberose flowering without affecting quality.

Index words: Floral transition, floriculture, forcing, storage temperature.

INTRODUCCIÓN

El nardo (*Polianthes tuberosa* L.) es una planta geófito ornamental nativa de México de la familia Asparagaceae (APG, 2009), es producida en regiones tropicales y subtropicales del mundo como una flor de corte o planta de jardín; también cuenta con una amplia popularidad debido a los aceites esenciales de sus flores, que son usados en perfumería (Benschop, 1993). Esta especie requiere alta luminosidad, más no es afectada por el fotoperíodo, debido que es una planta de día neutro, que generalmente induce floración con altas temperaturas (Barba-González *et al.*, 2012).

En México, el nardo es una especie que se cultiva como flor de corte en condiciones de cielo abierto, donde el ciclo natural de floración comienza a finales de verano hasta inicios del otoño, en invierno la cantidad de escapos florales y la calidad de los mismos disminuyen, pero en verano vuelve a incrementar la producción; de este modo, se trata de un cultivo multianual (Barba-González *et al.*, 2012); sin embargo, al tratarse de una planta que no tolera temperaturas menores de 5 °C, en algunas regiones se manejan ciclos anuales dejando descansar los bulbos en el suelo hasta por tres meses (Nagar, 1995).

El crecimiento y la floración en la mayoría de las geófitas es controlada por factores internos, como la latencia, tamaño y edad de los bulbos, las condiciones de almacenamiento y las temperaturas de forzado (De

Hertogh y Le Nard, 1993; Okubo, 2013). Cada especie tiene un intervalo de temperaturas que son tolerables y propicias para su crecimiento; generalmente, las plantas tienen un intervalo de temperaturas óptimas para florecer de entre 18 y 22 °C. Si la temperatura incrementa o desciende de estas temperaturas óptimas, la floración se ve afectada (Dole y Wilkins, 2005). Dada la demanda de nardo en otros países, se realizan prácticas culturales de forzamiento para mover los periodos de cosecha en el momento que en el mercado exista una mayor demanda o un mejor precio; sin embargo, los estudios a este respecto han sido poco concordantes (Huang y Okubo, 1995; Watako y Ngamau 2013; Yang *et al.*, 2014). De este modo, las limitaciones para la producción de nardo se deben a la falta de conocimiento en el forzamiento de los bulbos y desde hace varios años se han realizado investigaciones en el control de factores ambientales, fertilización y uso de reguladores de crecimiento, con el fin de obtener floración antes del tiempo natural o mejorar la calidad de las flores (Amin *et al.*, 2017; Asil *et al.*, 2011; Selim *et al.*, 2017). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de temperaturas de almacenamiento de bulbos de nardo en la diferenciación y la floración en dichos bulbos como alternativa para modificar los tiempos de producción comercial y obtener cosechas en épocas de mayor demanda.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental y material genético

Los tratamientos de almacenamiento, el experimento en invernadero y microscopia se realizaron en la Unidad de Biotecnología Vegetal de CIATEJ A. C. Ubicado en Zapopan, Jalisco, México. Bulbos de nardo *P. tuberosa* var. Doble, calibre 10/12, provenientes de Cuauchichinola, Morelos, México se dividieron en cuatro grupos: el primer grupo de bulbos se almacenó a 4 ± 1.83 °C y humedad relativa de 71 ± 8.63 %, el segundo grupo de bulbos se almacenó a 27 ± 1.95 °C con humedad relativa de 53 ± 14.84 %; estos dos grupos se almacenaron durante 4, 5, 6 y 7 semanas en dos cámaras diferentes con temperatura controlada. El tercer grupo de bulbos correspondió al testigo, con bulbos mantenidos a temperatura ambiente (20-22 °C) y humedad relativa 60-70 %; el cuarto grupo consistió en bulbos tratados con 200 ppm de AG₃ (sumergidos en esta solución por 15 min) previo a la siembra. A partir de estas temperaturas y semanas se dividieron en 10 diferentes tratamientos (Cuadro 1).

Manejo del experimento y variables respuesta

Posterior a los tratamientos, los bulbos se establecieron en invernadero en cajas plásticas con dimensiones de 37 cm de largo × 26.5 cm de ancho, en sustrato (tierra de monte y turba 3:1 v/v). Se sembraron 17 bulbos por cada tratamiento en un diseño completamente al azar con 4 repeticiones a 3 cm de profundidad en 3 hileras. Para evaluar el efecto de los tratamientos de almacenamiento se registraron las variables días a floración (DF) cuando el 50 % de los escapos florecieron, largo del escapo floral (EF) en cm, tamaño de la espiga (TE) en cm, número de flores (NF), diámetro del tallo floral (DT) en mm, y días a brotación vegetativa.

Para evaluar el efecto de los tratamientos térmicos en el desarrollo y diferenciación del meristemo floral se tomaron muestras de bulbos antes del tratamiento de almacenamiento, durante el almacenamiento y a los 30, 60 y 90 días después del establecimiento (DDE). Para medir el largo y ancho de la base del meristemo foliar se realizó un corte destructivo de bulbos por cada tratamiento, con base en la técnica descrita por López *et al.* (2005) con algunas modificaciones; se separaron los meristemas del resto del bulbo con disecciones manuales retirando las hojas envolventes superficiales con cortes longitudinales para evitar rompimiento del plato basal, y posterior a ello se retiraron desde la base las hojas envainadoras concéntricas al meristemo apical situado en la parte superior del plato basal. La muestra se conservó en solución FAA (3.7 % formaldehído: 5 % ácido acético: 50 % etanol) en cuarto frío a 4 °C hasta su análisis. En microscopio estereoscópico y con ayuda de bisturí se aislaron los meristemas limpiando todos sus primordios foliares y se colocaron en soluciones de alcohol:agua para la deshidratación en relaciones de 25, 50, 75, 85, 90 y 100 % durante 2-3 min cada solución; posteriormente, se retiraron los residuos de alcohol y se colocaron gotas de solución de Hoyers (7.5 g goma arábiga, 100 g hidrato de cloral, 5 mL glicerol y 30 mL agua destilada) durante 20-30 min. Esta solución permite clarificar los tejidos para ser vistos con mayor facilidad al microscopio. Cada muestra se colocó en portaobjetos cubierto y se procedió a la observación en microscopio óptico (Marca Leica®, Modelo DMRA2, Leica Biosystems, Buffalo Grove, Illinois, EUA). Las variables que se midieron fueron largo de meristemo (LM) y ancho de la base del meristemo (ABM) en μm .

Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza y comparación de medias de Duncan ($P \leq 0.05$), empleando el programa Statistical Analysis System® (SAS) versión 9.1 (SAS Institute, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Días a brotación

Transcurridos los tratamientos térmicos y una semana después de su establecimiento en invernadero se visualizaron las primeras hojas en los tratamientos de calor, testigo y ácido giberélico (Figura 1), y fue hasta la segunda semana después de la siembra que emitieron crecimiento los bulbos tratados con baja temperatura (4 °C), independientemente del tiempo del tratamiento (4, 5, 6 o 7 semanas de almacenamiento). En concordancia con estos resultados, Dhua *et al.* (1987) encontraron diferencias en bulbos sembrados de *P. tuberosa* con almacenamiento previo a la siembra, donde los cormos almacenados a temperaturas menores de 4 °C presentaron una brotación más lenta a los 30 días en relación con aquellos bulbos tratados a 10 °C. El mismo efecto de diferencias en el almacenamiento térmico se encontró en un estudio realizado en Japón, por Huang *et al.* (1995), en el cual a mayor temperatura y mayor tiempo de almacenamiento la brotación en bulbos de nardo fue más acelerada, aunque afectó el peso seco de los bulbos debido a una mayor tasa de transpiración; de igual modo, Watako y Nagamau (2013) reportaron que el almacenamiento de cormos de nardo a 5 °C retrasó la brotación.

Efecto de la temperatura de almacenamiento en la diferenciación del meristemo

Se monitorearon los cambios en el tamaño del meristemo antes del tratamiento, durante las diferentes semanas de almacenamiento y una vez establecidos en invernadero (0, 30, 60 y 90 DDE). Hasta los 0 DDE, ningún tratamiento registro diferencias significativas para la variable largo del meristemo (LM) (Cuadro 1), similar a lo reportado por Huang *et al.* (1995), de tal manera que no se presentó un crecimiento en los meristemos hasta antes la de siembra. Por su parte, Toma *et al.* (2015), al evaluar cormos de nardo en dos condiciones de almacenamiento, una fría (10-12 °C) y otra ambiental (20-22 °C), encontraron que bajo condiciones de temperatura ambiental de almacenamiento, se presentó un ligero crecimiento de los cormillos laterales, e incluso la aparición de nuevos cormos, además de que la yema central del corno principal estaba fuera de reposo presentando divisiones celulares, concluyendo al igual que Benschop (1993), que el reposo en nardo no es tan profundo como en otras geófitas.

A los 30 días después del establecimiento (DDE) se evidenciaron diferencias entre tratamientos para la variable largo del meristemo con relación al testigo T0 (Cuadro 1). Los tratamientos con temperaturas de 27 °C con 4 y 5 semanas de almacenamiento (T7 y T8, respectivamente) alcanzaron valores promedio 4.8 y 4.3 veces mayores que el testigo, respectivamente. En el caso de la variable ancho

Cuadro 1. Valores promedio de las variables largo (LM) y ancho del meristemo (AM) en bulbos de *P. tuberosa* bajo diferentes temperaturas de almacenamiento a los 0 y 30 días después del establecimiento en invernadero.

Tratamiento	Temperatura (°C) / Duración (semanas)	0 AE		30 DDE	
		LM (µm)	AM (µm)	LM (µm)	AM (µm)
0	0/0	113.28 a	69.01 a	340.77 a	372.52 a
1	4/7	150.21 a	237.45 bc	714.41 ab	891.04 ab
2	4/6	141.00 a	213.00 bc	353.88 a	362.48 a
3	4/5	136.53 a	236.61 bc	211.09 a	265.93 a
4	4/4	165.86 a	226.05 bc	282.58 a	340.31 a
5	27/7	166.30 a	244.23 bc	633.84 ab	706.23 a
6	27/6	143.91 a	244.32 bc	575.76 ab	583.20 a
7	27/5	188.07 a	261.95 c	1476.99 bc	1786.93 d
8	27/4	184.69 a	188.10 b	1654.63 c	1662.06 bc
9	AG ₃ 0/0			307.91 a	378.12 a
Valor de P		0.343	0.0001	0.0005	0.0305

Para cada columna valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan, $P \leq 0.05$). AE: antes del establecimiento, DDE: días después del establecimiento

del meristemo el comportamiento fue similar, nuevamente los tratamientos a 27 °C por 4 y 5 semanas mostraron los valores promedio más altos para esta variable. Todos los tratamientos que recibieron temperaturas de 27 °C registraron aumento en el tamaño del meristemo entre los 0 y 30 DDE, sugiriendo que pasaron de la etapa vegetativa a la iniciación floral. Los bulbos tratados con frío registraron menor longitud de meristemo, con excepción del tratamiento 1 (4 °C por siete semanas). Se omiten los valores de los bulbos con ácido giberélico (T9) a los 0 DDS, ya que no recibieron tratamiento térmico alguno previo a la siembra (Cuadro 1). Resultados similares fueron reportados por Huang *et al.* (1995), quienes no encontraron cambios en los meristemos almacenados a 5 y 25 °C durante el tiempo de almacenamiento, pero aquellos almacenados a 25 °C fueron más precoces en crecimiento vegetativo y en floración, mientras que, Fragoso-Jimenez *et al.* (2021) coinciden en que los tratamientos de almacenamiento a 27 °C adelantaron la diferenciación de los meristemos, pero las temperaturas de 12 °C fueron las que retrasaron más este fenómeno en nardo. Coincidentemente, altas temperaturas de producción han mostrado beneficios en tulipán (*Tulipa* sp.), jacinto (*Hyacinthus* sp.), narciso (*Narcissus* sp.) e iris (*Iris* sp.), ya que para etapas tempranas de iniciación floral, temperaturas alrededor de los 20 °C (cerca al óptimo), promueven el crecimiento temprano y la rápida iniciación floral (Okubo, 2013).

En la Figura 2 se muestra la morfología de los meristemos apicales de los bulbos en los diferentes tratamientos a los 30 DDE. En el testigo (Figura 2A) y tratamiento con ácido giberélico (Figura 2J) no se observa ningún cambio morfológico más allá del aumento en tamaño reportado en el Cuadro 1. En los tratamientos de almacenamiento a 4 °C se observaron cambios menores de formación de los primeros órganos florales, con excepción del T1 (Figura 2B), en el cual se observó una notable diferenciación floral. El mismo efecto de diferencias en el almacenamiento térmico se encontró en un estudio realizado en Japón por Huang *et al.* (1995), en el cual mientras mayor fue la temperatura de almacenamiento y a mayor tiempo de almacenamiento la brotación en bulbos de nardo fue más acelerada, aunque afectando el peso seco de los bulbos debido a una mayor tasa de transpiración. Estos mismos autores mencionaron que en todos los tratamientos de calor, sin importar las semanas de almacenamiento, se observó una clara diferenciación del meristemo, lo que sugiere que el efecto del tratamiento de calor, además de ayudar a una pronta brotación, también define en menor tiempo los primordios florales con relación al resto de los tratamientos evaluados, similar a lo reportado por Fragoso-Jimenez *et al.* (2021). Por su parte, Yang *et al.* (2014) mencionaron que, además de las temperaturas, existen otros factores que afectan la diferenciación floral en los meristemos de nardo como

el fotoperiodo, reportaron que en días largos (12 a 14 h) durante un mes los meristemos presentan diferenciación floral, mientras que en días cortos la diferenciación del meristemo y los días a floración aumentaron.

Caracteres florales

Las variables largo del tallo (LT) y número de flores (NF) no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 2). En todos los tratamientos la variable LT registró un intervalo de 110.18 a 117.77 cm, superando la medida comercial (90 cm), por lo que ninguna temperatura afectó la elongación del tallo. La variable diámetro del tallo (DT) tuvo un incremento en el tratamiento con ácido giberélico (T9), con un valor de 10.59 mm, en comparación con el testigo de 8.86 mm.

En relación con la variable largo de espiga floral (LE), se encontraron diferencias estadísticas, resultando el tratamiento de almacenamiento a 4 °C durante 6 semanas (T2) con los valores más altos estadísticamente, con un valor de 35.29 cm, lo que representa 6.45 cm mayor que el testigo. Es importante recalcar que en los tratamientos a 27 °C, sin importar las semanas de almacenamiento, se tuvo un valor promedio de 32.2 cm. Las diferencias en tamaño de la espiga no afectaron el número de flores (NF), ya que para esta última variable no hubo diferencias significativas.

En el caso de la variable días a floración (DAF), hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo los más precoces el T1 (4 °C por 7 semanas) con 100.8 días y T6 (27 °C por 6 semanas) con 104.01 días; sin embargo, se observó una mayor homogeneidad en la floración en el tratamiento de calor T6 (27 °C por 6 semanas). Los valores promedio de la variable días a floración en los tratamientos de 27 °C (sin importar las semanas de almacenamiento) fue de 110.42 días, mientras que en los tratamientos de 4 °C fue de 125.53 días, el testigo (T0) fue de 124.56 días y la floración más tardía se encontró en los bulbos tratados con ácido giberélico (T9) con una media de siembra a cosecha de 173.46 días. En congruencia con los resultados del presente estudio, Fragoso-Jimenez *et al.* (2001) reportaron que altas temperaturas de almacenamiento (27 °C por 7 semanas) adelantaron hasta en 15 días la floración con respecto al testigo y hasta en 30 días más con respecto a aquellos cormos almacenados a 12 °C; sin embargo, estos mismos autores reportaron que los cormos almacenados a 4 °C fueron estadísticamente iguales al testigo para esta misma variable.

En este estudio la aplicación de 200 ppm de ácido giberélico no adelantó la floración, por lo que se puede considerar que el ácido giberélico aplicado a los cormos no

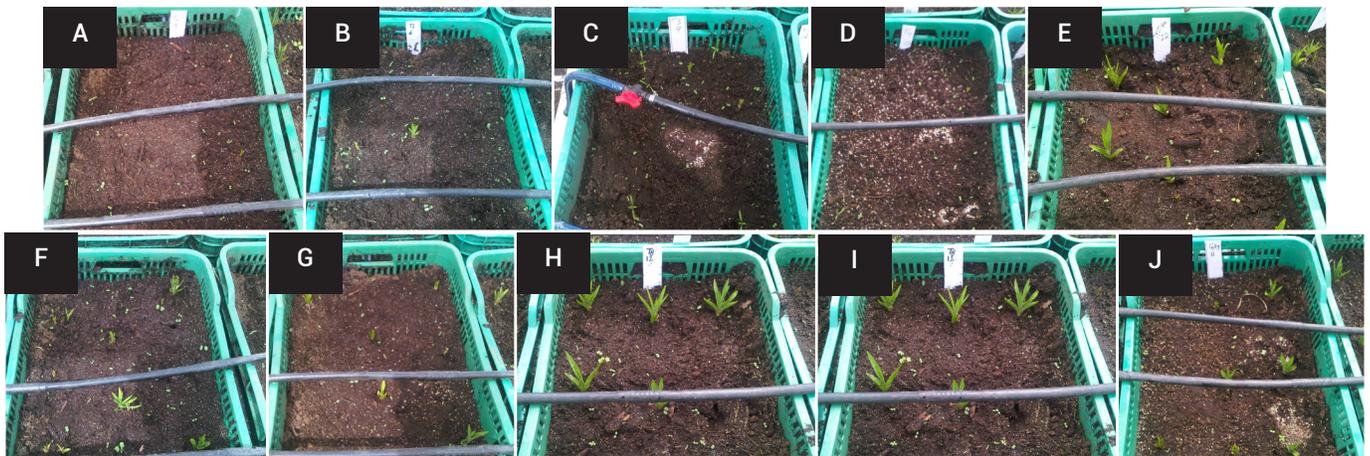


Figura 1. Brotación de las primeras hojas (1 semana después del establecimiento) de cormos de *P. tuberosa* sometidos a diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento. A, B, C y D: cormos almacenados a 4 °C por 4, 5, 6 y 7 semanas respectivamente, E: testigo a temperatura ambiente 20-22 °C; F, G, H, I: cormos almacenados a 27 °C por 4, 5, 6 y 7 semanas respectivamente, J: cormos tratados con AG₃ (200 ppm).

sustituye al frío o al calor en nardo, como sucede en otras especies como lillium (*Lilium* sp.), narciso y mini callas (*Zantedeschia* sp.), donde bajo condiciones controladas, aplicaciones exógenas de AG₃ favorecen la elongación del tallo e inducción floral sin pasar por semanas de almacenamiento en frío (Khodorova y Boitel-Conti, 2013). En dalia (*Dahlia* sp.), Pudelska y Podgajna (2013) reportaron un retraso en la floración con aplicaciones foliares de giberelinas, similar a los encontrado en este estudio en nardo; en contraste, otros autores han reportado que aplicaciones de ácido giberélico vía foliar adelantaron los días a floración en nardo (Amin *et al.*, 2017; Asil *et al.*, 2011).

Para la variable DT, el tratamiento T9 fue el que presentó los valores promedio más altos (10.59 mm), esta característica puede deberse al efecto estimulante de las giberelinas sobre la división celular y elongación. En los demás tratamientos solamente se encontraron diferencias mínimas numéricas entre ellos, sin diferencias entre grupos por calor y frío; de este modo, tratar los bulbos de nardo con AG₃ (200 ppm) previo a la siembra genera una ganancia en grosor del tallo, aunque también retrasa la floración (50 días más que el testigo), lo que resulta ventajoso si se busca un método inmediato de retrasar las fechas de floración sin forzamiento por temperaturas; sin embargo, Nagar (1995) no encontró efecto sobre la ruptura de la latencia al tratar bulbos con AG₃ en presiembra; además, algunos autores reportan que aplicaciones foliares de AG₃ afectaron la calidad de las flores en nardo (Amin *et al.*, 2017; Asil *et al.*, 2011).

En la práctica, los productores siempre buscan la manera más rápida de obtener el producto de sus siembras, ya que

obtendrán más ciclos de cultivo por tiempo determinado, mejor aprovechamiento del suelo, rompimiento del ciclo de las plagas y enfermedades, mayor calidad de las flores y redistribución de las cosechas a lo largo del año (De Hertogh y Le Nard, 1993); entonces, los productores pueden superar este estado de latencia colocando las plantas en invernaderos, defoliación o tratamiento con productos químicos, en su mayoría con reguladores de crecimiento sintéticos (Dole, 2003).

En México los cormos de nardo se establecen a cielo abierto, sin ningún tratamiento para forzar la floración, la única condicionante es establecer los bulbos con calibres 10/12, que se refieren a diámetros de 2.5 a 3.5 cm (Poursafarali *et al.*, 2011) en la primavera. A pesar de que el nardo se cultiva en diferentes partes del mundo, no existe una concordancia respecto a las temperaturas de almacenamiento y su efecto en la floración; por ejemplo, en la India (Mukhopadhyay *et al.*, 1986) proponen almacenar a temperaturas de 30 °C durante ocho semanas, con la restricción de calidad para el tallo floral. Almacenar a 10 °C por 30 días aumenta la productividad; sin embargo, almacenar a esa temperatura por períodos mayores de tiempo ocasiona disminución en la producción (De Hertogh y Le Nard, 1993). Los tratamientos con almacenamiento a bajas temperaturas parecen no tener efecto sobre la iniciación floral en nardo, según lo reportado por Huang *et al.* (1995), quienes también consideran que las bajas temperaturas son perjudiciales para obtener tallos florales de calidad. Por otro lado, Wataco y Ngamau (2013) reportaron que el almacenamiento a bajas temperaturas (5 °C) seguido de una activación a 20 °C por 2, 3 y 4 semanas

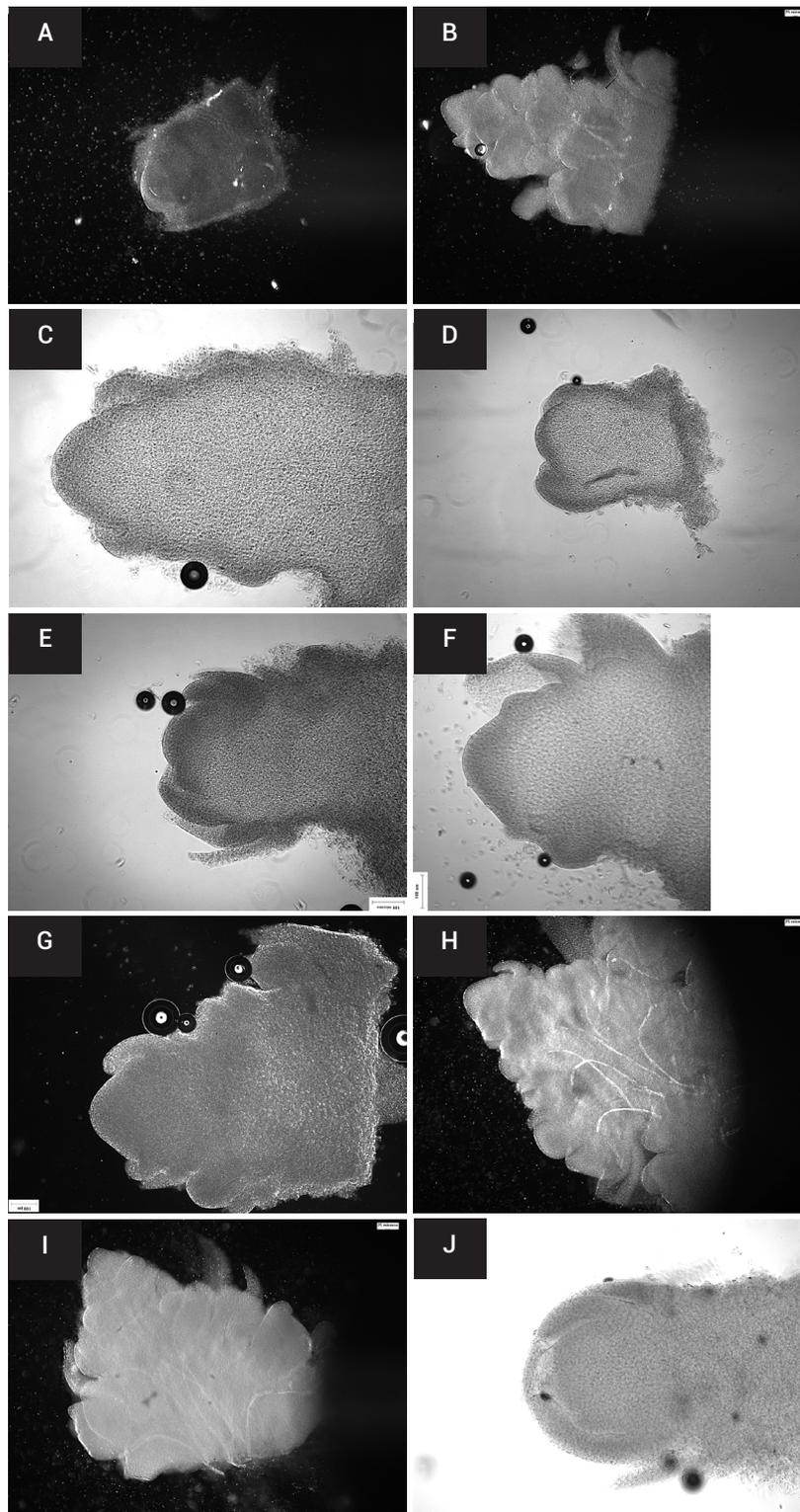


Figura 2. Desarrollo meristemático en *P. tuberosa* a los 30 DDS. A: testigo a temperatura ambiente 20-22 °C; B, C, D y E: tratamientos con frío (4 °C) por 7, 6, 5 y 4 semanas, respectivamente; F, G, H, I: tratamientos con calor (27 °C) por 7, 6, 5 y 4 semanas, respectivamente. J: tratamiento con AG₃. Escala 100 µm.

Cuadro 2. Valores promedio de las variables largo del tallo (LT) largo de la espiga (LE), número de flores (NF), diámetro del tallo (DT) y días a floración (DAF) en bulbos de *P. tuberosa* sometidos a diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento.

Tratamiento	T °C/semanas	LT (cm)	LE (cm)	NF	DT (mm)	DAF días
T0	0/0	115.54 a	28.84 cd	32.31 a	8.86 bcd	124.56 bcd
T1	4/7	113.23 a	27.49d	29.94 a	8.01 d	100.8 d
T2	4/6	116.02 a	35.29 a	35.92 a	9.18 bc	119.25 bcd
T3	4/5	111.09 a	29.86 bcd	31.12 a	9.51 b	141.57 b
T4	4/4	113.44 a	30.23 abcd	31.03 a	8.67 bcd	128.39 bc
T5	27/7	117.77 a	30.79 abcd	33.41 a	8.48 bcd	112.33 cd
T6	27/6	116.59 a	33.36 abc	32.53 a	8.22 cd	104.01 cd
T7	27/5	111.50 a	30.32 abcd	31.78 a	8.34 cd	115.16 cd
T8	27/4	117.96 a	34.40 ab	34.62 a	8.61 bcd	109.21 cd
T9	GA ₃ 0/0	110.18 a	30.97 abcd	34.58 a	10.59 a	173.46 a
Valor de P		0.351	0.026	0.301	0.001	0.001

Para cada columna valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan, $P \leq 0.05$).

mejoraron la brotación y la calidad de las flores, caso similar a lo reportado por Edrisi y Mirzaei (2017), quienes mencionaron que almacenar los cormos de nardo por 4 semanas a 12 °C y posteriormente 4 semanas a 20 °C fue el tratamiento que menos afectó las variables de crecimiento y calidad de las flores.

En el presente estudio las bajas temperaturas retrasaron la brotación inicial de las hojas y los días a floración, sin un efecto drástico en el resto de las variables evaluadas; de este modo, se pueden usar diferentes tratamientos de almacenamiento (4 o 27 °C), de acuerdo con las fechas de mayor demanda de flores, a fin de lograr adelantos o atrasos en la producción sin demeritar la calidad.

CONCLUSIONES

La diferenciación floral en *P. tuberosa* no ocurre durante el almacenamiento térmico, sino después del establecimiento. Los tratamientos a 4 °C afectaron la brotación inicial de las hojas, además de retrasar la floración. Los tratamientos a 27 °C adelantaron la brotación inicial de las hojas, la diferenciación de los meristemas y los días a floración en relación con el testigo; sin embargo la aplicación de 200 ppm de AG₃ previo a la siembra fue el tratamiento que retrasó más la floración.

AGRADECIMIENTOS

Al fondo SEP-CONACYT CB-2015-01 proyecto No. 258866 por los recursos otorgados para la presente investigación y al Laboratorio Nacional PLANTECC.

BIBLIOGRAFÍA

- Amin M. R., N. Pervin, A. Nusrat, H. Mehraj and A. F. M. J. Uddin (2017) Effect of plant growth regulators on growth and flowering of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cv. single. *Journal of Bioscience and Agriculture Research* 12:1016-1020, <https://doi.org/10.18801/jbar.120117.123>
- APG, Angiosperm Phylogeny Group (2009) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161:105-121, <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- Asil M. H., Z. Roein and J. Abbasi (2011) Response of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) to gibberellic acid and benzyladenine. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 52:46, <https://doi.org/10.1007/s13580-011-0073-0>
- Barba-Gonzalez R., J. M. Rodríguez-Domínguez, M. C. Castañeda-Saucedo, A. Rodríguez, J. M. Van Tuyl and E. Tapia-Campos (2012) Mexican geophytes I. The genus *Polianthes*. *Floriculture and Ornamental Biotechnology* 6:122-128.
- Benschop M. (1993) *Polianthes*. In: The Physiology of Flower Bulbs: A Comprehensive Treatise on the Physiology and Utilization of Ornamental Flowering Bulbous and Tuberous Plants. A. De Hertog and M. Le Nard (eds.). Elsevier. Amsterdam, The Netherlands. pp:589-602.
- De Hertogh A. and M. Le Nard (1993) The Physiology of Flower Bulbs: A Comprehensive Treatise on the Physiology and Utilization of Ornamental flowering bulbous and Tuberous Plants. Elsevier Science Publisher. Amsterdam, The Netherlands. 810 p.
- Dhua R. S., S. K. Ghosh, S. K. Mitra, L. P. Yadav and T. K. Bose (1987) Effect of bulb size, temperature treatment of bulbs and chemicals on growth and flower production in tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). *Acta Horticulturae* 205:121-128, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1987.205.18>
- Dole J. M. (2003) Research approaches for determining cold requirements for forcing and flowering of geophytes. *HortScience* 38:341-346, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.38.3.341>
- Dole J. and Y. H. Wilkins (2005) *Floriculture Principles and Species*. 2nd. edition. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, USA. 1023 p.
- Edrisi B. and S. Mirzaei (2017) An investigation into the effect of gibberellic acid and storage temperature on vegetative and

- reproductive characteristics of tuberose (*Polianthes tuberosa*). *Journal of Ornamental Plants* 7:137-146.
- Fragoso-Jimenez J. C., J. Silva-Morales, R. Barba-Gonzalez, M. C. Castañeda-Saucedo and E. Tapia-Campos (2021)** Temperature effects on meristem differentiation and flowering date in tuberose (*Agave amica* L.). *Scientia Horticulturae* 275:109663, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109663>
- Huang K. L. and H. Okubo (1995)** Flowering control of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) in subtropical conditions. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University* 39:115-124, <https://doi.org/10.5109/24073>
- Khodorova N. V. and M. Boitel-Conti (2013)** The role of temperature in the growth and flowering of geophytes. *Plants* 2:699-711, <https://doi.org/10.3390/plants2040699>
- López C. M. L., J. Márquez G. y G. Murguía S. (2005)** Técnicas para el Estudio del Desarrollo en Angiospermas. Segunda edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 178 p.
- Mukhopadhyay A., G. J. Bankar and M. K. Sadhu (1986)** Influence of bulb size, spacing and depth of planting on growth, flowering and bulb production in tuberose. *Haryana Journal of Horticultural Science* 15:18-24.
- Nagar P. K. (1995)** Changes in abscisic acid, phenols and indoleacetic acid in bulbs of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) during dormancy and sprouting. *Scientia Horticulturae* 63:77-82, [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(95\)00773-M](https://doi.org/10.1016/0304-4238(95)00773-M)
- Okubo H. (2013)** Dormancy. In: Ornamental Geophytes: From Basic to Sustainable Production. R. Kamenetsky and H. Okubo (eds.). CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. pp:236-260.
- Poursafarali E., D. Hashemabadi, B. Kaviani and A. Kholdi (2011)** Effect of different cultivation beds on the vegetative growth of *Polianthus tuberosa* L. *African Journal of Agricultural Research* 6:4451-4454.
- Pudelska K. and E. Podgajna (2013)** Decorative value of three dahlia cultivars (*Dahlia × cultorum* Thorsr. et Reis) treated with gibberellin. *Modern Phytomorphology* 4:83-86, <https://doi.org/10.5281/zenodo.161190>
- SAS Institute (2004)** SAS/STAT® 9.1 User's Guide. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA. 5121 p.
- Selim S. M., F. M. Matter, M. A. Hassanain and M. Y. Samah (2017)** Response of growth, flowering, concrete oil and its component of *Polianthes tuberosa* L. cv. Double to phosphorus fertilizer and gibberellic acid. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6:1639-1652, <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.609.202>
- Toma F., M. I. Georgescu, S. Petra and E. Dobrescu (2015)** Some aspects concerning the rest period of tuberose bulbs. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 6:179-183, <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.056>
- Watako A. O. and K. Ngamau (2013)** Effect of subsequent storage of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) bulbs after low temperature pre-treatment improves growth, percent sprouting and cut flower quality. *Journal of Agriculture, Science and Technology* 15:5-14.
- Yang J. H., T. Liu, J. K. Li, Y. J. Liu, J. X. Huang and W. Q. Gong (2014)** Environment effects of tuberose forcing culture by different planting dates and varieties. *Advanced Materials Research* 886:314-318, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.886.314>