

La pérdida de la capacidad de germinación podría estar relacionada con los cambios en el balance endógeno de los reguladores del crecimiento vegetal en la semilla, por lo que se requiere de un suministro externo de éstas sustancias para estimular la germinación (Yamaguchi *et al.*, 1982). Dentro de los reguladores del crecimiento más estudiados se encuentra el ácido giberélico (AG₃) el cual se ha empleado para estimular la germinación de semillas de diferentes especies (Aoyama *et al.*, 1996; Vieira *et al.*, 1998).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes reguladores del crecimiento sobre la germinación de semillas almacenadas de diferentes especies de importancia económica, con vistas a ponderar su utilidad en la recuperación de la viabilidad de las mismas.

MATERIALES Y METODOS.

En la realización de este trabajo se utilizaron semillas de pimiento cv. 'Verano-1', pepino cv. 'SS-5' y ajonjolí cv. 'Acarigua Blanca', todas procedentes del Banco de Germoplasma del INIFAT.

Las semillas fueron lavadas con agua y detergente comercial, y enjuagadas en agua corriente. Para su desinfección fueron colocadas en etanol 70% (1 min), sumergidas en una solución de lejía comercial (2,5% de cloro activo) durante 10 minutos y posteriormente lavadas con agua destilada estéril por tres veces.

Las semillas una vez desinfectadas fueron colocadas en placas Petri sobre papel de filtro con agua destilada (control) y diferentes soluciones, a una concentración de 0,1 y 1 mg/L cada una, de los reguladores del crecimiento utilizados (Tabla 1). Se utilizaron 25 semillas/ placa y se analizaron dos réplicas por tratamiento. Las placas fueron incubadas a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ en un fotoperíodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad, durante un período de diez días.

Se evaluó en cada caso el porcentaje de germinación obtenido y en aquellos tratamientos que esta variable estuvo por encima del control se evaluaron además las variables, porcentaje de plantas normales, altura de las plántulas (cms), longitud del hipocótilo (LH), longitud de la radícula (LR) y la relación LH/ LR.

En todos los casos los datos fueron evaluados mediante un ANOVA de clasificación simple y efecto fijo, y las diferencias significativas detectadas mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5%.

Tabla 1. Tratamientos estudiados para evaluar el efecto de los reguladores del crecimiento sobre la germinación de semillas almacenadas. (AIA: ácido indol acético; BAP: 6 bencil amino purina; KIN: 6- furfuril amino purina y AG₃: ácido giberélico).

Tratamiento	AUXINA (mg/L)	CITOQUININA (mg/L)	GIBERELINA (mg/L)
Control			
1	AIA (0,1)		
2	AIA (1)		
3			AG ₃ (0,1)
4			AG ₃ (1)
5	AIA (0,1)		AG ₃ (0,1)
6	AIA (1)		AG ₃ (1)
7		BAP (0,1)	
8		BAP (1)	
9		BAP (0,1)	AG ₃ (0,1)
10		BAP (1)	AG ₃ (1)
11		KIN (0,1)	
12		KIN (1)	
13		KIN (0,1)	AG ₃ (0,1)
14		KIN (1)	AG ₃ (1)
15	AIA (0,1)	BAP (0,1)	
16	AIA (1)	BAP (1)	
17	AIA (0,1)	KIN (0,1)	
18	AIA (1)	KIN (0,1)	

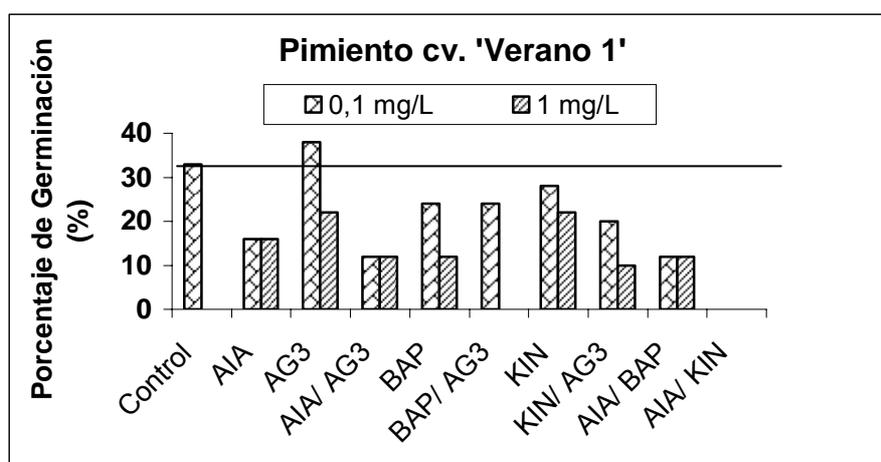
RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en los porcentajes de germinación a los diez días posteriores al tratamiento variaron grandemente ante la aplicación de los diferentes reguladores empleados.

En las semillas de pimiento se obtuvo un incremento del 5% de la germinación con respecto al control cuando fueron tratadas con una solución de 0,1 mg/L de AG₃. En el resto de los tratamientos estudiados se observa una inhibición de la germinación, lo cual indica el efecto negativo de éstos sobre la germinación de las semillas, si se tiene en cuenta que en el control se obtuvo un 33% de germinación (Fig. 1).

En la mayoría de los tratamientos estudiados se observa una mejor respuesta cuando los reguladores del crecimiento se utilizaron a bajas concentraciones (0,1 mg/L), lo que evidencia el efecto inhibitor de las altas concentraciones de estas sustancias. Por otra parte, la combinación de AIA y KIN inhibió totalmente la germinación de semillas en las dos concentraciones aplicadas.

Figura 1. Efecto de diferentes reguladores del crecimiento sobre la germinación de semillas de pimiento cv. 'Verano-1'.



En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos al evaluar otras variables analizando el tratamiento con mejores resultados. No se observaron diferencias significativas entre la altura de las plantas obtenidas en ambos tratamientos, pero si se obtuvo una mayor longitud del hipocótilo en las semillas tratadas con una solución de AG₃ (0,1 mg/L).

La longitud del hipocótilo fue superior cuando se aplicó AG₃ y la relación LH/LR mostró valores aceptables en ambos tratamientos.

Tabla 2. Resultados obtenidos en la germinación de semillas de pimiento cv. 'Verano-1' con la utilización de diferentes reguladores del crecimiento. (Letras iguales no difieren significativamente entre sí p= 0,05)

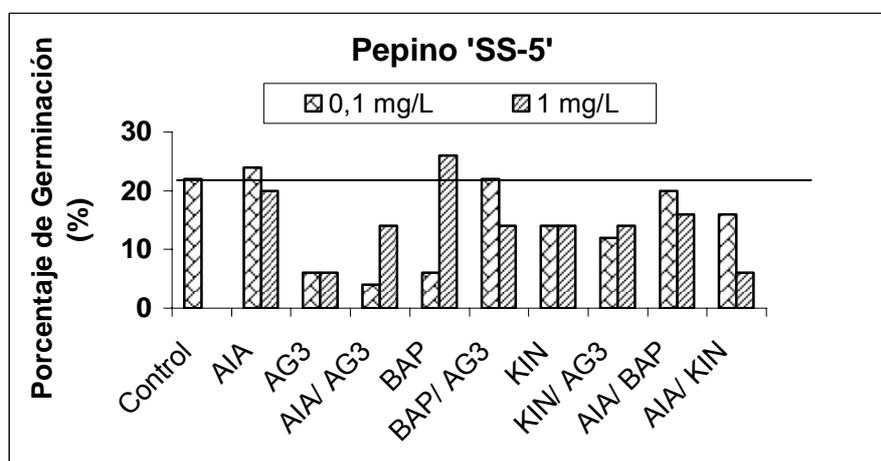
Tratamiento (mg/ L)	Germinación (%)	Altura plántulas (cm)	Longitud del hipocótilo (cm)	Longitud de la radícula (cm)	Relación LH/ LR
Control	33	3,68 ns	1,36 b	2,32 a	0,59 ± 0,12
AG ₃ (0,1)	38	3,47 ns	2,03 a	1,44 b	1,07 ± 0,63

Esta respuesta puede ser debida al papel que juega este regulador en la iniciación de la germinación, al inducir la síntesis de α-amilasa necesaria para obtener el suministro de energía requerida para este proceso y estimular la división celular (Van Overbeek, 1970).

Esta reportado que la aplicación de AG₃ incrementa los porcentajes de germinación en semillas de lechuga (Khan, 1969), los porcentajes de germinación y crecimiento de las plántulas de tabaco (Yamaguchi y Nakatani, 1983) y la precocidad de la germinación de semillas de cebolla cv. 'Caribe 71' (Capote *et al.*, 2000).

En el caso del pepino cv. 'SS-5' se obtuvieron incrementos en los porcentajes de germinación de 2 y 4% en los tratamientos con 0,1 mg/L de AIA y 1 mg/L de BAP respectivamente con respecto al control (Figura 2).

Figura 2. Efecto de diferentes reguladores del crecimiento sobre la germinación de semillas de pepino cv. 'SS-5'.



En la Tabla 3 se observan los resultados obtenidos al evaluar otras variables analizando los tratamientos con mejores resultados, en la cual se observaron diferencias significativas entre las variables evaluadas.

Tabla 3. Resultados obtenidos en la germinación de semillas de pepino cv. 'SS-5' con la utilización de diferentes reguladores del crecimiento. (Letras iguales no difieren significativamente entre sí $p=0,05$)

Tratamiento (mg/L)	Germinación (%)	Altura plántulas (cm)	Longitud del hipocótilo (cm)	Longitud de la radícula (cm)	Relación LH/ LR
Control	22	8,74 b	4,12 b	4,62 a	1,56 ± 0,81
AIA (0,1)	24	9,75 a	6,00 a	3,75 b	1,60 ± 0,72
BAP (1)	26	9,12 a	4,50 b	4,62 a	0,97 ± 0,56

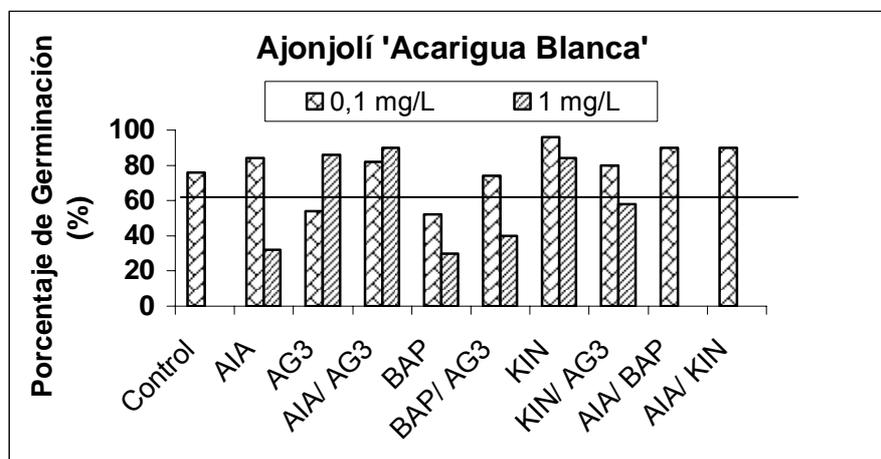
En la variable altura de las plantas, en ambos casos se obtuvo valores superiores al control (8,74 cm), existiendo diferencias significativas entre este tratamiento y los tratamientos donde se emplearon reguladores del crecimiento, AIA (9,75 cm) y BAP (9,12 cm).

La relación LH/ LR mostró valores aceptables en ambos tratamientos seleccionados, lo que indica una buena calidad de las plántulas obtenidas.

La longitud del hipocótilo y la radícula están entre los factores que contribuyen al vigor de las plántulas obtenidas en estudios de germinación (Ellis *et al.*, 1995).

Los porcentajes de germinación de las semillas de ajonjolí fueron posibles incrementarlos entre un 6 y 20% con respecto al control en siete de los tratamientos estudiados (Figura 3).

Figura 3. Efecto de diferentes reguladores del crecimiento sobre la germinación de semillas de ajonjolí cv. 'Acarigua Blanca'.



En dos de los tratamientos estudiados (AIA/ BAP y AIA/ KIN) al utilizar la mayor concentración (1 mg/L) se inhibió totalmente la germinación de las semillas, lo que demuestra otra vez el efecto inhibitor de estos reguladores a altas concentraciones.

En la Tabla 4 se observan los resultados obtenidos al evaluar otras variables analizando los tratamientos con mejores resultados, en la cual se observaron diferencias significativas entre las variables evaluadas.

Tabla 4. Resultados obtenidos en la germinación de semillas de ajonjolí cv. 'Acarigua Blanca' con la utilización de diferentes reguladores del crecimiento. (Letras iguales no difieren significativamente entre sí p= 0,05)

Tratamiento (mg/ L)	Germinación (%)	Plantas normales (%)	Altura plántulas (cm)	Longitud hipocótilo (cm)	Longitud radícula (cm)	Relación LH/ LR
Control	76	100	3,53 b	1,75 b	1,78 a	1,27 ± 0,07
AIA (0,1)	84	40	3,35 b	1,45 b	1,90 a	0,87 ± 0,47
AG ₃ (1)	86	35	2,72 bc	2,19 ab	0,53 b	3,75 ± 1,87
AIA/AG ₃ (1)	82	60	3,65 b	2,80 a	0,85 b	3,74 ± 1,86
AIA/AG ₃ (0,1)	90	95	3,72 b	2,19 ab	1,53 b	1,43 ± 0,27
KIN (0,1)	96	85	2,26 c	1,48 b	0,78 b	2,11 ± 1,40
KIN (1)	84	30	0,54 d	0,51 c	0,03 c	1,75 ± 0,84
KIN/AG ₃ (0,1)	80	50	2,56 c	2,18 ab	0,38 c	2,45 ± 1,95
AIA/BAP (0,1)	90	0	1,00 d	1,00 c	0 c	-----
AIA/KIN (0,1)	90	65	4,18 a	2,78 a	1,40 a	0,62 ± 0,59

Se observa que a pesar de que en siete tratamientos se obtuvieron porcentajes de germinación superiores al control (76%), solamente en tres de ellos (AIA/AG₃, 0,1 mg/L; KIN, 0,1 mg/L y AIA/ KIN, 0,1 mg/L) se obtuvieron porcentajes aceptables de plantas normales (95, 85 y 65% respectivamente) y una calidad aceptable de las plántulas dada por la relación LH/ LR.

El mayor porcentaje de germinación (96%) se obtuvo al tratar las semillas con KIN y la mayor altura de las plantas (4,18 cm) se observó en el tratamiento donde se aplicaron en combinación los reguladores AIA y KIN.

El papel de los reguladores del crecimiento sobre la germinación ha sido estudiado con anterioridad. Así se ha reportado la efectividad del AIA, a bajas concentraciones (10^{-4} mg/L), en la estimulación de la germinación de semillas de frijol cuando se aplicó en combinación con la zeatina (10^{-3} mg/L) (Yamaguchi *et al.*, 1982).

CONCLUSIONES

- Los tratamientos con AIA (0,1 mg/L) y BAP (1 mg/L) estimularon los porcentajes de germinación en semillas de pepino cv. 'SS-5' en un 2 y 4% respectivamente.
- La aplicación de AG₃ resultó efectiva en semillas de pimiento 'Verano-1' al incrementar la germinación en un 5% con respecto al control.
- En las semillas de ajonjolí cv. 'Acarigua Blanca' el mayor porcentaje de germinación se obtuvo al emplear la KIN (0,1%) con un incremento del 20% con respecto al control y un alto porcentaje de plantas normales (85%).
- Es posible utilizar la aplicación de reguladores del crecimiento para aumentar los porcentajes de germinación de semillas almacenadas de diferentes especies de importancia económica.

REFERENCIAS

- Alexander MP and Doijode SD (1995):** Electromagnetic field, a novel tool to increase germination and seedling vigour of conserved onion (*Allium cepa*, L.) and rice (*Oryza sativa*, L.) seeds with low viability. Plant Genetic Resources Newsletter, 104: 1- 5.
- Aoyama EM, Ono EO y Furlan MR (1996):** Study of the germination of lavender seeds. Scientia Agricola (Brasil), 53 (2-3): 267-272.
- Branca F (1995):** Studies on some wild Brassicaceae species utilizable as vegetables in the Mediterranean areas. Plant Genetic Resources Newsletter, 104: 6- 9.
- Capote A, Fundora Z y Pérez O (2000):** Influencia de los reguladores del crecimiento sobre la germinación de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.) cv. 'Carbe-71'. Rev. Jardín Bot. Nac., Vol. XXI, No.2, 203-209.
- Ellis RH, Hong TD and Roberts EH. (1995):** Survival and vigour of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds stored at low and very-low moisture contents. Ann. Bot., 76: 521- 534.

- Van Overbeek J (1970):** The control of plant growth. In: WH Freeman and Co. Plant Agriculture. Edit. Scientific American, San Francisco, 42 pp.
- Walters C, Kameswarw N and Hu X (1998):** Optimizing seed water content to improve longevity in *ex situ* genebanks. Seed Science Research, 8: Supp. No.1, 15-22.
- Vieira HD, Silva RF y Barros RS (1998):** Effects of plant growth regulators on seed germination of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Rev. Brasileira de Fisiología Vegetal (Brazil), 10 (2): 143-148.
- Yamaguchi T, Wakizuka T, Okui K and Ohta E (1982):** Promotion of germination in aged rice and bean seeds in vitro. Proc. 5th Intl. Cong. Plant Tissue and Cell Culture. Plant Tissue Culture, 785- 786.
- Yamaguchi T and Nakatani M (1983):** Promotion of growth in aged tobacco seeds by pre- treatment with gibberellic acid. Ann. Bot., 51: 157- 159.