

Ensayo de Investigación

Efecto del amonio y ácidos húmicos sobre la calidad fisiológica de semillas y plántulas de tomate

Effect of ammonium and humic acids on the physiological quality of tomato seeds and seedlings

Lorena Silvestre Castañeda¹, Neymar Camposeco Montejó^{1*}, Armando Hernández Pérez², Antonio Flores Naveda¹, Adriana Antonio Bautista¹

¹Departamento de Fitomejoramiento

²Departamento de Horticultura

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Autor de correspondencia:

*neym_33k@hotmail.com

Recibido: 26-09-2022 Aceptado: 03-07-2023 (Artículo Arbitrado)

Resumen

La nutrición es un factor que influye en las características fisiológicas, morfológicas y crecimiento de plántulas. Con el objetivo de evaluar la respuesta fisiológica de semillas y calidad de plántula de tomate bola cosechadas de plantas tratadas con amonio (0, 1.5, 3 y 4.5 mEq L⁻¹) y ácidos húmicos (0, 3 y 6 ml L⁻¹) durante su ciclo de cultivo, se utilizaron semillas provenientes de los frutos cosechados de dicha investigación, y se estudiaron bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4×3. Los resultados indican que las aplicaciones de 1.5, 3 y 4.5 mEq L⁻¹ de amonio en la solución nutritiva, mejoran significativamente la longitud de radícula en comparación con el testigo. Mientras que, una mayor acumulación de peso seco de plántula fue con 3 y 4.5 mEq L⁻¹ de amonio. Los ácidos húmicos en dosis de 3 o 6 ml L⁻¹ en la solución nutritiva, mejoran la longitud de la radícula. La interacción amonio y ácidos húmicos mostró significancia en longitud de plúmula y longitud de radícula. La aplicación de amonio y ácidos húmicos en la solución nutritiva para el cultivo de jitomate, ejerce cambios que se reflejan en la calidad fisiológica de semillas cosechadas y plántulas.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, germinación, promotores de crecimiento, vigor.

Abstract

Nutrition is a factor that influences the physiological, morphological and growth characteristics of seedlings. With the objective of evaluating the physiological response of seeds and seedling quality of ball tomato harvested from plants treated with ammonium (0, 1.5, 3 and 4.5 mEq L⁻¹) and humic acids (0, 3 and 6 ml L⁻¹) during its cultivation cycle, seeds from the fruits harvested from said research were used, and they were studied under a completely randomized design with a 4×3 factory arrangement. The results indicate that the applications of 1.5, 3 and 4.5 mEq L⁻¹ of ammonium in the nutrient solution significantly improve the length of the radicle compared to the control. While, a greater accumulation of seedling dry weight was with 3 and 4.5 mEq L⁻¹ of ammonium. Humic acids in doses of 3 or 6 ml L⁻¹ in the nutrient solution improve the length of the radicle. The interaction of ammonium and humic acids showed significance in plumule length and radicle length. The application of ammonium and humic acids in the nutrient solution for tomato cultivation exerts changes that are reflected in the physiological quality of harvested seeds and seedlings.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, germination, growth promoters, vigor.

Introducción

El sector agrícola enfrenta desafíos por atender en el corto y mediano plazo, uno de estos desafíos, es el aumento de la productividad para alimentar a la creciente población mundial, así como el aumento de la eficiencia en el uso de los recursos disponibles (Rouphael y Colla, 2020). Los fertilizantes, contribuyen de forma significativa al sostenimiento y mantenimiento de la población mundial, ya que su uso, aumenta considerablemente los volúmenes de producción y en consecuencia coadyuvan con la se-

guridad alimentaria (FAO, 2019). El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza que más se cultiva en México, tanto para consumo nacional como para exportación, ya que ocupa el noveno lugar como productor mundial con 3,370,827 toneladas (SIAP, 2021). Es un cultivo de importancia internacional, debido a su demanda y alto valor nutricional, y su producción, ha ido en aumento en los últimos años (Hernández et al., 2014). Para el cultivo de tomate se utilizan plántulas que en su mayoría son producidas en invernadero

y en viveros, para posteriormente ser trasplantadas al sistema correspondiente de producción comercial, ya sea suelo, sustrato o solución, por lo tanto, la obtención de plántulas vigorosas de tomate, permite reducir la pérdida de plantas después del trasplante y mejorar las cosechas (Ortega et al., 2010). En la producción comercial de semillas, la calidad está determinada por un conjunto de atributos, donde la calidad genética, física, sanitaria y fisiológica juegan un papel muy importante, puesto que, la calidad fisiológica implica la integridad de las estructuras y procesos fisiológicos, cuyos indicadores son: la viabilidad, germinación y vigor, que también depende del genotipo o la variedad (Mendoza et al., 2021).

La nutrición vegetal es uno de los factores que está fuertemente relacionado con la producción de semillas de calidad y en consecuencia de plántulas; en tal sentido, que la nutrición puede modificar las características morfológicas, fisiológicas y el crecimiento de las plántulas (Villegas et al., 2005). No obstante, para una producción de plántula de buena calidad, también se depende del tipo de sustrato utilizado, de la proporción en que se mezclen sus componentes, así como de la fertilización aplicada y del aporte nutricional de cada componente para el desarrollo inicial de la plántula (Acevedo, Cruz, Taboada, 2020). En este sentido, la aplicación de fertilizantes y biofertilizantes, influyen en varias respuestas fisiológicas de los cultivos, con ello se puede potencializar la calidad de las cosechas (Reyes et al., 2021). Dentro de los biofertilizantes se encuentran los ácidos húmicos, que son sustancias reconocidas por favorecer la asimilación de nutrientes por las raíces, estimulan la membrana plasmática (H^+ -ATPasas), que convierten la energía libre liberada por la hidrólisis del ATP en un potencial electroquímico transmembrana utilizado para la importación de nitrato y otros nutrientes (Jardin, 2015). También pueden actuar como fitohormonas, ya que presentan sustancias que estimulan el crecimiento celular y que su bioactividad está relacionada con un mayor contenido de grupos nitrogenados en su estructura (Pasqualoto et al., 2002).

Existen formas en las que las plantas adquieren nitrógeno (N), una de ellas es el amonio, del cual las plantas satisfacen sus necesidades de N, la disponibilidad de este elemento es un factor importante que determina el crecimiento y la productividad de las plantas, el cual puede ser absorbido por las células

de la raíz a través de transportadores ubicados en las membranas plasmáticas (Giehl et al., 2017). No obstante, en cantidades excesivas, el amonio tiene efectos perjudiciales o tóxicos sobre el crecimiento de las plantas (Hachiya y Sakakibara, 2017). Se ha encontrado que pequeñas proporciones de amonio mejoran el crecimiento y el rendimiento de las plantas (Rivera et al., 2014), tal como, los resultados obtenidos por Bialczyk et al. (2007), donde el rendimiento de los frutos aumento en un 20 %, al añadir 20 % del nitrógeno en forma de NH_4^+ a la solución nutritiva, caso similar a lo encontrado por Siddiqi et al. (2002), donde el crecimiento vegetativo y el rendimiento de frutos incrementó 15 % al añadir 10 % NH_4^+ .

En algunos casos, el rendimiento es suprimido aún más, cuando la proporción de amonio se incrementa en la solución de nitrógeno total aportado (Akl et al., 2003), estas variaciones pueden ser atribuidas a que los rendimientos en cultivares de tomate responden de maneras diferentes a las fuentes de nitrógeno suministradas (Ben et al., 2005). Además, el amonio actúa como una señal que altera la expresión génica y la morfología de la raíz (Lima et al., 2010; Patterson et al., 2010). A pesar del amplio uso del amonio como fertilizante nitrogenado, nula información disponible sobre la proporción adecuada útil para maximizar la eficiencia de su adquisición por parte de algunos cultivos (Buoso et al., 2021). Por lo anterior el objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta fisiológica de semillas y calidad de plántula de tomate bola cosechadas de plantas tratadas con amonio y ácidos húmicos.

Desarrollo

Ubicación y Localización

La investigación se realizó en las instalaciones del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila, en el laboratorio de Ensayo de Semillas ubicado a 25° 21' 15" LN y 101° 02' 03" LO, y una altitud de 1774 msnm, con un clima cálido-templado, una temperatura promedio de 16.4 °C y una precipitación de 370 mm anuales.

Material genético y tratamientos probados

El material genético utilizado fue el Híbrido Evi-mira F₁ de la casa semillera Syngenta®, proveniente de una investigación donde se le aplicaron diferentes niveles de amonio (0, 1.5, 3 y 4.5 mEq L⁻¹) y ácidos hú-

micos (0,3 y 6 ml L⁻¹) durante todo el ciclo del cultivo hasta la cosecha de los frutos que se utilizaron para el experimento.

Extracción de semilla

Se monitoreó el proceso de madurez de los tomates de cada tratamiento de ácidos húmicos y amonio, y se procedió a cosecharlos una vez que se tenía un grado de madurez de 4, se dejó reposar el fruto a la sombra y a temperatura ambiente por tres días consecutivos, posteriormente la pulpa se exprimió y colectó en frascos de plástico para fermentar por 24 horas, pasado el tiempo, las semillas se lavaron con agua corriente por un par de minutos y finalmente se dejaron secar a temperatura ambiente por siete días, al finalizar se trataron con un producto comercial llamado Thiram.

Descripción del experimento

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de ensayo de semillas del Departamento de Fitomejoramiento, con un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 4×3 (4 niveles de amonio y 3 niveles de ácidos húmicos), con un total de doce tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. Por cada repetición se sembraron 25 semillas para un total de 100 semillas por tratamiento, y 1200 semillas divididas en 48 cajas de plástico.

Siembra

La siembra de las semillas de los tratamientos se realizó el 2 de febrero del 2020, se prepararon 48 cajas de plástico tipo bisagra con papel filtro de 12 × 25 cm (en acordeón) con cinco surcos, previendo colocar cinco semillas por surco, siendo 25 semillas por caja, y 1200 semillas en total. Se aplicó un tratamiento con el fungicida Captan® en el mismo papel de siembra a razón de 1 g L⁻¹. Posteriormente para su germinación óptima, crecimiento y evaluación, las charolas fueron colocadas en una cámara de germinación a 25 °C y 70 % de humedad relativa, en el laboratorio de Ensayo de Semillas en el Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN.

Los riegos fueron realizados diariamente desde la siembra hasta la última evaluación, con agua destilada en un atomizador, para dicha actividad solo se humectó el papel de cada caja de siembra. En cuanto al control de enfermedades, en general se hizo de manera preventiva, con una aplicación de Captan® a una dosis de 1 g L⁻¹, la cual se aplicó con un atomizador.

Determinación de variables evaluadas

Las semillas son el soporte de la industria agrícola, de ahí la importancia de generar información sobre la calidad de las semillas; en el caso del tomate (*Solanum lycopersicum*), saber la viabilidad de semillas resulta ser la base del éxito de producción, en donde la calidad de semillas depende de varios elementos, uno de ellos es la calidad fisiológica evaluada mediante pruebas de germinación y viabilidad (Moreno y Jiménez, 2013; Salazar et al., 2020). Entonces bien, para evaluar la calidad de las semillas se realizan pruebas estándar de germinación (Álvarez et al., 2011).

Las normas de la ISTA (2016) establecen procedimientos de germinación y periodos detallados para analizar los conteos de plántulas (dependiendo de la especie). Durante esta investigación, al determinar el potencial de germinación de las semillas de jitomate, en la prueba de laboratorio se evaluaron las variables de desarrollo de plántulas normales, anormales, semillas sin germinar, vigor de germinación y vigor de plántula (longitud de plúmula: tallo y raíz), peso fresco y seco de plántula.

La prueba de germinación se determinó realizando un conteo final a los 14 días, y se contabilizó el número de plántulas normales, anormales y las semillas sin germinar, expresando el resultado en por ciento. Se evaluaron plántulas normales (plántulas con raíz y tallo, cada estructura con al menos dos veces el tamaño de la semilla en longitud), esto como indicador de vigor de germinación de la semilla (AOSA, 1983).

En cuanto a las plántulas anormales, fueron aquellas que no mostraron el potencial de convertirse en una plántula normal aun cuando fueron sembradas en sustratos de cultivo de buena calidad y condiciones favorables de humedad y luz. Dentro de las plántulas anormales se encuentran aquellas con estructuras esenciales faltantes o dañadas, plántulas con desarrollo débil o alteraciones fisiológicas en sus estructuras, también están aquellas plántulas que tienen estructuras enfermas o deterioradas impidiendo el desarrollo normal. En cuanto a las semillas sin germinar fueron aquellas que no germinaron al final del periodo de análisis, ya sea porque son catalogadas como semillas duras, frescas o muertas (ISTA, 2016).

Para determinar la longitud de la plúmula y de la radícula, en las plántulas normales se midió cada

una de estas partes. Las plántulas deben contar con estructuras esenciales para su desarrollo hacia una planta satisfactoria; que van desde un sistema radical hasta brotes o cotiledones, esto según especie evaluada (FAO y AfricaSeeds, 2019). Los datos de estas variables fueron expresados en centímetros (cm); considerando este dato un indicador de vigor.

Para determinar el peso fresco de las plántulas normales, se utilizó una balanza analítica y se reportó el dato en miligramos (mg). Posteriormente se obtuvo el peso seco de todas las plántulas normales, colocándose dentro de bolsas de papel estraza con perforaciones y sometidas a un secado continuo dentro de una estufa por 24 horas a 70 °C (AOSA, 1983), una vez transcurrido el tiempo, las bolsas se colocaron en un desecador para posteriormente tomar el peso de las plántulas en una balanza analítica y reportar el dato en mg (García-López, et al., 2016).

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4×3 (cuatro niveles de amonio y tres niveles de ácidos húmicos). Los datos fueron analizados mediante el software SAS (Sistema de análisis estadístico) con un análisis de varianza ANOVA, y una comparación de medias mediante la prueba de Tukey a un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, bajo el modelo de la ecuación (1):

$$Y_{ijk} = M + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

Donde, Y_{ijk} = Valor de la variable respuesta correspondiente al factor i de A y del factor j de B en la k repetición, M = Efecto de la media general, A_i = Efecto del factor i , B_j = Efecto del factor j , ε_{ij} = Error experimental.

Discusión y análisis de resultados

En cuanto a los resultados del análisis de varianza para porcentaje de germinación, semillas sin germinar, plántulas normales y plántulas anormales no se encontró diferencia significativa entre los niveles de amonio, ácidos húmicos ni en la interacción de estos dos factores (Tabla 1).

De acuerdo al análisis de varianza, en las variables de longitud de radícula y peso seco de plántula se observaron diferencias estadísticas significativas en el factor amonio, mientras tanto, las aplicaciones de ácidos húmicos, provocó efecto solamente en la longitud de radícula y peso seco de plántula. Para el caso de la interacción de amonio y ácidos húmicos, se mostró diferencia altamente significativa en las variables de longitud de plúmula y longitud de radícula. El resto de las variables no mostró significancia (Tabla 2).

De acuerdo a la prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) no existió significancia en los niveles de amonio ni en los niveles de ácidos húmicos para las variables porcentaje de germinación, semillas sin germinar, plántulas normales y plántulas anormales. No obstante, el porcentaje de germinación con aplicaciones de 1.5 mEq L⁻¹ de amonio y tres ml L⁻¹ de ácidos húmicos, fue superior en un 6 y 9 % respectivamente. En consecuencia, las semillas sin germinar tuvieron una correlación negativa al porcentaje de germinación. Mientras que, para el porcentaje de plántulas normales, también se observó un comportamiento estadístico similar, no obstante, cabe destacar que los niveles de amonio y ácidos húmicos que sobresalieron en el porcentaje de germinación, también destacaron en plántulas normales y anormales, observándose una similitud en la tendencia de la respuesta de las

Tabla 1. Cuadrados medios de las variables de germinación, semillas sin germinar, plántulas normales, plántulas anormales, evaluadas en semilla de tomate tratadas con diferentes niveles de amonio y ácidos húmicos a la plántula madre.

Fuente de variación	GL	Germinación	Semillas sin germinar	Plántulas normales	Plántulas anormales
Tratamiento	11	208.81	217.54	310.9	0.01
Amonio	3	161.22 ns	153.22 ns	249.33 ns	0.0137 ns
Ácido húmico	2	301.00 ns	325.00 ns	651.00 ns	0.0069 ns
Amo* Ac. H	6	201.88 ns	213.88 ns	228.33 ns	0.0046 ns
Error	36	150.55	150.55	307.3	0.022
Total	47				
ANOVA $p \leq$		0.221	0.1959	0.456	0.9202
CV(%)		18.8	35.3	31.58	117.35

*, **=significativo al 0.05 y 0.01 respectivamente, ns= no significativo, CV= coeficiente de variación, GL= grados de libertad.

Tabla 2. Cuadrados medios de las variables longitud de plúmula, longitud de radícula, peso fresco de plántula y peso seco de plántula evaluadas en semilla de tomate tratadas con diferentes niveles de amonio y ácidos húmicos a la plántula madre.

Fuente de variación	GL	Longitud de plúmula	Longitud de radícula	Peso fresco de plántula	Peso seco de plántula
Tratamiento	11	0.332	1.076	0.000071	0.0000013
Amonio	3	0.1265 ns	0.690 *	0.00000274 ns	0.00000381 **
Ácido húmico	2	0.1089 ns	1.106 *	0.0000817 ns	0.00000006 ns
Amo* Ac. H	6	0.5091 **	1.258 **	0.0001033 *	0.00000045 ns
Error	36	0.119	0.215	0.000032	0.00000036
Total	47				
ANOVA $p \leq$		0.0101	0.0001	0.0344	0.0018
CV(%)		15.65	17.24	16.42	17.8

*, **=significativo al 0.05 y 0.01 respectivamente, ns= no significativo, CV= coeficiente de variación, GL= grados de libertad.

Tabla 3. Varianza y comparación de medias de las variables de germinación, semillas sin germinar, plántulas normales, plántulas anormales, evaluadas en semilla de tomate tratadas con diferentes niveles de amonio y ácidos húmicos a la plántula madre.

	Germinación (%)	Semillas sin Germinar (%)	Plántulas normales (%)	Plántulas anormales (%)
Amonio (mEq L⁻¹)				
0	63.66 a*	36.33 a	51.33 a	0.1300 a
1.5	69.33 a	30.66 a	62.00 a	0.0733 a
3	61.00 a	39.00 a	54.33 a	0.0666 a
4.5	67.00 a	33.00 a	54.33 a	0.1266 a
ANOVA $p \leq$	0.3736	0.3962	0.496	0.1505
DMS	13.49	13.49	19.27	0.0939
Ácidos Húmicos (ml L⁻¹)				
0	60.50 a	39.75 a	48.25 a	0.1225 a
3	69.00 a	31.00 a	60.25 a	0.0925 a
6	66.25 a	33.50 a	58.00 a	0.0825 a
ANOVA $p \leq$	0.1502	0.1302	0.135	0.3963
DMS	10.6	10.64	15.15	0.0738
CV (%)	18.8	35.3	31.58	117.35
Interacción ANOVA $p \leq$	0.2648	0.2337	0.6187	0.7028

*Promedios con diferente literal en las columnas son estadísticamente diferentes Tukey= ($p \leq 0.05$), DMS= diferencia mínima significativa, CV= coeficiente de variación.

semillas a los tratamientos aplicados (Tabla 3). Está claro que, la aplicación de bioestimulantes influyen en varias respuestas fisiológicas de los cultivos, con ello se puede potencializar la calidad de las plántulas y en consecuencia las cosechas, investigaciones de Reyes-Pérez et al. (2021) en el cultivo de pimiento obtuvieron que, aplicaciones de ácidos húmicos incrementaron en un 16 % la germinación de las semillas, algo similar ocurre con la biomasa fresca y seca de las plántulas.

De acuerdo a la prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$), se encontró que las aplicaciones de 1.5, 3 y 4.5 mEq L⁻¹ de amonio en la solución nutritiva, mejoraron las características de longitud de radícula en comparación con el testigo. Mientras que, el peso seco de la

plántula tuvo mayor acumulación cuando se aplicó 3 y 4.5 mEq L⁻¹ de amonio en la solución nutritiva, el resto de las variables se comportó de forma similar, en tanto que, los niveles de ácidos húmicos ejercieron efecto en la longitud de la radícula, ya que este parámetro se incrementó al aplicar dosis de 3 o 6 ml L⁻¹ en la solución nutritiva, mejorando así esta característica de las plántulas (Tabla 4). Datos similares encontró Coello (2019), al obtener longitudes promedio de raíz mayores al aplicar ácidos húmicos en comparación con el control. Ya que la influencia de los ácidos húmicos, se manifiesta en una mejora fisiológica global del estado de la planta; estudios demuestran incrementos en un 118 % en el número de flores en tomate con una dosis de 0.7 l ha⁻¹, y un rendimiento de 333 %

Tabla 4. Varianza y comparación de medias de las variables de longitud de plúmula, longitud de radícula, peso fresco de plántula y peso seco de plántula evaluadas en semilla de tomate tratadas con diferentes niveles de amonio y ácidos húmicos a la plántula madre.

	Longitud de plúmula (cm)	Longitud de radícula (cm)	Peso fresco de plántula (mg)	Peso seco de plántula (mg)
Amonio (mEq L⁻¹)				
0	2.21 a*	2.39 b	0.0348 a	0.00275 c
1.5	2.10 a	2.51 ab	0.0339 a	0.00308 bc
3	2.13 a	2.68 ab	0.0345 a	0.00400 a
4.5	2.17 a	2.97 a	0.0350 a	0.00366 ab
ANOVA p≤	0.8644	0.0134	0.9677	0.0001
DMS	0.38	0.47	0.0062	0.0007
Ácidos Húmicos (ml L⁻¹)				
0	2.11 a	2.22 b	0.0321 a	0.00337 a
3	2.27 a	2.88 a	0.0366 a	0.00343 a
6	2.08 a	2.82 a	0.0348 a	0.00331 a
ANOVA p≤	0.2856	0.011	0.0932	0.8418
DMS	0.30	0.37	0.0049	0.0005
CV (%)	16.16	16.35	16.42	17.8
Interacción ANOVA p≤	0.0001	0.0013	0.0126	0.3046

*=Promedios con diferente literal en las columnas son estadísticamente diferentes Tukey= (p≤0.05), DMS= diferencia mínima significativa. CV= coeficiente de variación.

superior (Villar et al. 2005). En cuanto a amonio, estudios realizados por Lara et al. (2018) indicaron que la utilización del amonio en la solución nutritiva en plántulas de estevia representó ventajas agronómicas como: un incremento en el peso seco acumulado; y que, a dosis más altas se disminuye el peso, comparable contra valores obtenidos en esta investigación, donde a concentraciones de 3 mEq L⁻¹ de amonio, se obtuvo el peso seco de plántula más alto, en cambio cuando se incrementó la dosis a 4.5 mEq L⁻¹ el peso seco disminuyó. Una buena calidad de plántula (radícula y plúmula), siempre será apreciada por los productores, ya que, en la fase del semillero se presenta un crecimiento limitado, tanto foliar como radical, así que, una buena conducción y manipulación determinará la calidad de la plántula previo el trasplante, encaminando a promover el desarrollo vegetativo y la eficiencia del sistema radical (Liriano et al., 2017).

La interacción entre los dos factores de amonio y ácidos húmicos se muestran a continuación, y se observa que al aplicar ácidos húmicos en la solución nutritiva cuando no existe aporte de nitrógeno en forma amoniacal, incrementa la longitud de plúmula significativamente (Figura 1), un efecto similar se observó en la longitud de la radícula (Figura 2). Además, solo el aporte de amonio en hasta 3 mili equivalentes en la solución nutritiva mejora sustancialmente la longitud de plúmula, una tendencia parecida se observó en la radícula en combinación con 3 ml L⁻¹ de ácidos húmicos.

Y de manera general la combinación de ácidos húmicos y amonio no mejora la calidad de la plúmula y pero si la longitud de radícula de las plántulas en particular la aplicación de 3 ml L⁻¹ de ácidos húmicos y 3 mEq L⁻¹ de amonio en la solución nutritiva, además se aprecia que, los posibles efectos nocivos del amonio en concentraciones superiores a 4.5 mili equivalentes en la solución nutritiva, se contrarrestan con la aplicación de ácidos húmicos. efectos nocivos del amonio en concentraciones superiores a 4.5 miliequivalentes en la solución nutritiva, se contrarrestan con la aplicación de ácidos húmicos.

Conclusiones

La aplicación de amonio y ácidos húmicos en la solución nutritiva aplicada el cultivo de jitomate, ejerce cambios que se reflejan en la calidad fisiológica de semillas y plántulas. La aplicación de amonio en hasta tres mEq L⁻¹ en la solución nutritiva para la nutrición de jitomate destinado a la producción de semillas, mejoran la longitud de radícula y el peso seco de las plántulas. La aplicación de ácidos húmicos mejoró la longitud de la radícula. No obstante, la aplicación de ácidos húmicos y el amonio no mejoran significativamente el porcentaje de germinación y plántulas normales. La interacción entre el amonio y ácidos húmicos indican que, al aplicar ácidos húmicos en la solución nutritiva, cuando no existe aporte amoniacal, mejora la calidad fisiológica de las semillas y de plántulas.

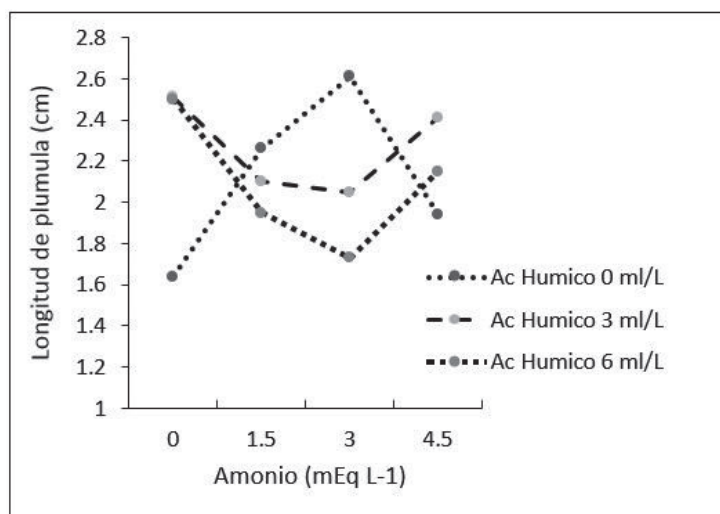


Figura 1. Respuesta de la longitud de plúmula con la Interacción de los niveles de amonio y ácidos húmicos aplicados en la nutrición de tomate bola.

Fuente: Elaboración propia.

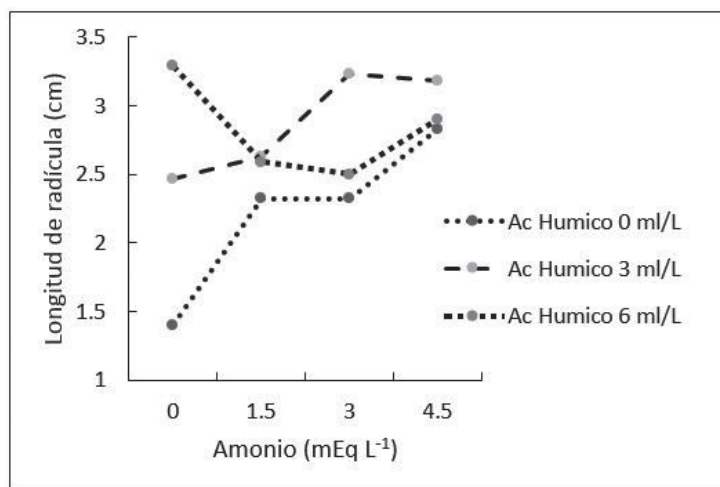


Figura 2. Respuesta de la longitud de raíz con la interacción de los niveles de amonio y ácidos húmicos aplicados en la nutrición de tomate bola.

Fuente: Elaboración propia.

Referencias

- Acevedo A. P., Cruz H. J., Taboada G. O. R. (2020). Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 35–44.
- Akl, I. A., Savvas, D., Papadantonakis, N., Lydakis Simantiris, N. and Kefalas, P. (2003). Influence of Ammonium to Total Nitrogen Supply Ratio on Growth, Yield and Fruit Quality of Tomato Grown in a Closed Hydroponic System. *European Journal of Horticultural Science*, 68, 204–211.
- Álvarez, A., Solís, J., Rodríguez-Pérez, J. y Pena, G. (2011). Relación entre pruebas de calidad fisiológica de semillas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con el establecimiento en almácigo. *Revista Chapingo. Serie Horticulturae*, 17, 57–62.
- AOSA. (1983). Seed vigor testing handbook. Contribution No. 32. U.S.A. 82 y 93 pp.
- Ben, O. G., Kant, S., Naim, M., Rabinowitch, H. D., Takeoka, G. R., Buttery, R. G. and Kafkafi, U. (2005). Effects of Ammonium to Nitrate Ratio and Salinity on Yield and Fruit Quality of Large and Small Tomato Fruit Hybrids. *Journal of Plant Nutrition*, 27(10), 1795–1812.
- Bialczyk, J., Lechowski, Z., Dziga, D. and Mej, E. (2007). Fruit Yield of Tomato Cultivated on Media with Bicarbonate and Nitrate/Ammonium as the Nitrogen Source. *Journal of Plant Nutrition*, 30(1), 149–161.
- Buoso, S., Tomasi, N., Said-Pullicino, D., Arkoun, M., Yvin, J.-C., Pinton, R. y Zanin, L. (2021). Characterization of physiological and molecular responses of Zea mays seedlings to different urea-ammonium ratios. *Plant Physiology and Biochemistry*, 162, 613–623.

- Coello, M.J.A. (2019). *Efecto del quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo de variedades de tomate (Solanum lycopersicum L.) bajo condiciones controladas*. (Tesis de licenciatura de la carrera de Ingeniería Agronómica). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. 2019.
- FAO y Africa Seeds. (2019). *Materiales para capacitación en semillas - Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas*. Roma.
- FAO. (2019). *Código Internacional de Conducta para el Uso y Manejo de Fertilizantes*. Roma.
- García, L. J., Ruiz T. N., Lira S. R., Vera R. I. y Méndez A. B. (2016). Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nanopartículas. In *Segundo simposio-Taller Agronano Tecnología*.
- Giehl, R. F. H., Laginha, A. M., Duan, F., Rentsch, D., Yuan, L. y von Wirén, N. (2017). A Critical Role of AMT2;1 in Root-To-Shoot Translocation of Ammonium in Arabidopsis. *Molecular Plant*, 10(11), 1449–1460.
- Hachiya, T. y Sakakibara, H. (2017). Interactions between nitrate and ammonium in their uptake, allocation, assimilation, and signaling in plants. *Journal of Experimental Botany*, 68(10), 2501–2512.
- Hernández H. R. M., Santacruz R. F., Ruiz L. M. A., Norrie J. y Hernández C. G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum L.*). *Journal of applied phycolgy*, 26(1): 619-628.
- ISTA. (2016). *International rules for seed testing* (2016 ed.). Bassersdorf, Switzerland.
- Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. 196, 3–14.
- Lara, F., Landero, N., Aguado, Graciano. J., Ehsan, M., Moreno, V. y Ventura, A. (2018). Utilización del ion amonio en el desarrollo de plántulas de estevia (*Stevia rebaudiana bertonii*) en condiciones de hidroponía. *Interiencia* 43 (2), 106-110.
- Lima, J. E., Kojima, S., Takahashi, H. y von Wirén, N. (2010). Ammonium Triggers Lateral Root Branching in Arabidopsis in an AMMONIUM TRANSPORTER1;3-Dependent Manner. *The Plant Cell*, 22(11), 3621–3633.
- Liriano, G. R., Terán, R. M. A., Núñez, S. D. B., Ibáñez, M. D. y Perez, R. J. (2017). El humus de lombriz en la producción de plántulas de *Lycopersicon esculentum* Mill en una comunidad del Estado Cojedes, Venezuela. *Centro Agrícola*, 44(4), 23-29.
- Mendoza, M., Zamudio, L. F., Cervantes, F., Chable, F., Frías, J. y Gámez, A. J. (2021). Rendimiento de semilla y calidad de fruto de chile habanero con fertilización química y orgánica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 11(8), 1749–1761.
- Moreno, B. y Jiménez, S. (2013). Efecto del acondicionamiento osmótico en semillas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) variedad santa clara. *Conexión Agropecuaria JDC*, 3(2), 11–17.
- Ortega, L. D., Sánchez, J., Díaz, R. y Ocampo, J. (2010). Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Ra Ximhai*. 6(3), 365–372.
- Pasqualoto, C., Lopes, O., Okorokova-Façanha, A. and Rocha, F. (2002). Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H⁺-ATPase Activity in Maize Roots. *Plant Physiology*. 130 (4), 1951–1957.
- Patterson, K., Cakmak, T., Cooper, A., Lager, I., Rasmussen, A. G. and Escobar, M. A. (2010). Distinct signalling pathways and transcriptome response signatures differentiate ammonium- and nitrate-supplied plants. *Plant, Cell & Environment*, 33(9), 1486–1501.
- Reyes P. J., Rivero H. M., Solórzano C. A., Carballo M. F., Lucero V. G. y Ruiz E. F. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Terra latinoamericana*, 39 (1).
- Rivera, E. E., Sandoval V. M., Rodríguez M. M., Trejo L. C. y Gasga P. R. (2014). Fertilización de tomate con nitrato y amonio en raíces separadas en hidroponía. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(1), 57–70.
- Rouphael, Y. y Colla, G. (2020). Editorial: Biostimulants in Agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 11(40), 1–7.
- Salazar, S. A., Quintero, J. D., y Botello, E. A. (2020). Optimización de la prueba de tetrazolio para evaluar la viabilidad en semillas de *Solanum lycopersicum L.* *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3 (2020)), 1–12.
- SIAP. (2021) Panorama Agroalimentario. Recuperado el 27 de abril de 2022, de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/
- Siddiqi, M. Y., Malhotra, B., Min, X., and Glass, A. D. M. (2002). Effects of ammonium and inorganic carbon enrichment on growth and yield of a hydroponic tomato crop. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 165(2), 191–197.
- Villegas, O. G., Sánchez, P., Baca, G. A., Rodríguez, M. N., Trejo, C. y Sandoval, M. (2005). Crecimiento y estado nutricional de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. *Terra Latinoamericana*. 23(1), 49–56.
- Villar, J., Montano, R. y López, R. (2005). Efecto del bioestimulante fitomas E en cultivos seleccionados. ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 39(2), 41-45.