

Evaluación de tres dosis de nitrato de potasio en la producción de plántulas de tomate y lechuga

David Caridian Recalde Verdugo

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Evaluación de tres dosis de nitrato de potasio en la producción de plántulas de tomate y lechuga

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

David Caridian Recalde Verdugo

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

Evaluación de tres dosis de nitrato de potasio en la producción de plántulas de tomate y lechuga

David Caridian Recalde Verdugo

Resumen. La agricultura protegida es una alternativa que responde a la alta demanda de alimentos, al producir plántulas en ambiente controlado se debe considerar un programa de nutrición mineral capaz de suministrar los elementos o compuestos minerales que son absorbidos por la planta. El objetivo de este experimento fue evaluar tres dosis de nitrato de potasio y su efecto en la calidad de plántulas de lechuga y tomate. Se evaluaron tres tratamientos con dosificaciones de nitrato de potasio a 0.38, 0.77 y 1.15 g/L comparados con un testigo en ambos cultivos. El experimento se realizó desde el 5 al 27 de septiembre de 2018. La fertilización inició al quinto día, cuando las plántulas obtuvieron dos hojas cotiledonares, las aplicaciones fueron diarias durante 21 días. Para las plántulas de lechuga se aplicó 4 mL de solución de fertilizante hasta los 15 días, y 5 mL del día 16 al 21. Para las plántulas de tomate se aplicó 4 mL durante los 21 días. En las plántulas se analizó semanalmente la altura, a la edad de transplante se evaluó desarrollo radicular, midiendo longitud y diámetro; en el sustrato se analizó semanalmente el pH y conductividad eléctrica. Los resultados indicaron que, para ambos cultivos las aplicaciones de 0.77 y 1.15 g/L de nitrato de potasio generaron plántulas compactas y vigorosas, con un buen desarrollo en su sistema radicular.

Palabras clave: Fertirrigación, horticultura, nutrición, sustrato.

Summary. Protected agriculture is an alternative that responds to the high demand of food, when producing seedlings in controlled environment it is necessary to consider a mineral nutrition program capable of supplying the elements or mineral compounds that are absorbed by the plant. The objective of this experiment was to evaluate three doses of potassium nitrate and its effect on the quality of lettuce and tomato seedlings. Three treatments were evaluated with dosages of potassium nitrate at 0.38, 0.77 y 1.15 g/L, compared with a control in both crops. The experiment was carried out from september 5th to 27th, 2018. Fertilization started when the seedlings obtained two cotyledon leaves, with daily applications for 21 days. The water holding capacity of the substrate in each crop was measured weekly using a millimeter syringe. Seedling height was measured weekly; root development, length and diameter was measured at the end of the experiment. Electrical conductivity and pH of the substrate were analyzed weekly. The results indicated that, for both crops, the applications of 0.77 y 1.15 g/L of potassium nitrate generated compact and vigorous seedlings with a good development in their root system.

Key words: Fertirrigation, horticulture, nutrition, substrate.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIÓN.....	11
5. RECOMENDACIONES	12
6. LITERATURA CITADA	13
7. ANEXOS	16

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de dosis de cada tratamiento con fertilizante nitrato de potasio aplicadas en producción de plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) y tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	4
2. Altura (cm) a los 6, 14 y 19 días después de siembra (DDS) en plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) y tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	6
3. Conductividad eléctrica (mS/cm) a los 7, 15 y 20 días después de siembra (DDS) en plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) y tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	7
4. pH del sustrato a los 7, 15 y 20 días después de siembra (DDS) en plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) y tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	8
5. Diámetro y longitud radicular a los 21 días después de siembra (DDS) en plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) y tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	9

Figuras	Página
1. Temperatura promedio de los macrotúneles de la sección de producción de plántulas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano del 5 al 27 de septiembre del 2018.....	3
2. Comparación entre el desarrollo radicular de una plántula desarrollada en concentraciones de nitrato de potasio a 1.15 g/L(A) y 0.38 g/L(B)	10

Anexos	Página
1. Aplicación diaria de nitrato de potasio a plántulas de tomate	16
2. Plántula de tomate antes y después de ser lavada para su análisis radicular al día 21 después de siembra	16
3. Escaneo y análisis radicular con el software WhinRHIZO	16

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura protegida es una alternativa que responde a la alta demanda de alimentos, produciendo plántulas en condiciones en las que se las puede trasplantar directamente a campo con un alto vigor, desarrollo y libres de enfermedades (FHIA 2003). La principal ventaja de la agricultura protegida es el enfoque que esta posee sobre la producción de alimentos de alta calidad fitosanitaria respondiendo a la alta demanda del mercado (Rodríguez *et al.* 2013).

El mercado de productos hortícolas y ornamentales ha experimentado una creciente tendencia de obtener productos derivados de una producción anticipada, en condiciones diferentes a aquellas en las que el producto se cultiva a campo abierto (Portillo 2006). La demanda actual de hortalizas exige una producción sostenida con periodos muy cortos de tiempo, por lo que los productores responden a la misma, con una producción de forma escalonada. Existen muchas ventajas al tener una producción de plántulas sanas y vigorosas en invernadero, entre ellas las que más destacan son la reducción de estrés después del trasplante, reducción de mortalidad hasta en un 90%, uniformidad de crecimiento en campo y mayor aprovechamiento de semillas (Gómez y Vásquez 2011).

La clave del éxito de un vivero se basa principalmente en el manejo del agua, controlando la humedad del sustrato a un punto óptimo para lograr obtener un sistema radicular fuerte en un periodo normal de producción (Lardizabal 2007). En efecto, se debe obtener una mezcla preparada específicamente para optimizar la producción de plántulas de hortalizas, frutales, ornamentales y otras. El sustrato debe tener suficiente aireación y capacidad de retención de humedad para optimizar la germinación de las semillas, por lo que, al establecerlo en bandejas se debe tener la capacidad para asegurar la uniformidad del mismo y espacio para la semilla (Kondo 2010).

Al producir plántulas en ambiente de invernadero, se debe considerar un programa de nutrición mineral capaz de suministrar los elementos o compuestos minerales que son absorbidos por la planta en la dosis, forma, lugar y momento oportunos para optimizar su utilización por el cultivo (Torres 2017). Para completar su metabolismo, las plántulas necesitan una serie de elementos químicos esenciales que deben ser aportados en cantidades y proporciones adecuadas, en un estado asimilable. Los nutrientes necesarios para el desarrollo de los cultivos que el sustrato no aporte en su contenido disponible deben ser implementados como fertilizantes (Alarcón 2006).

El nitrógeno se conoce como el motor del crecimiento de la planta, el cual demuestra su eficiencia poco después de su aplicación. Sin embargo, el uso excesivo de nitrógeno puede resultar en lo contrario, dando como resultado una variedad de pérdidas sustanciales en la

calidad del cultivo. La fertilización equilibrada es necesaria para un desarrollo óptimo del cultivo y uso eficiente del fertilizante (IFA 1992). El tema del uso eficiente de nutrientes ha ganado más atención con el incremento en los costos de fertilizantes además de la continua preocupación por el impacto ambiental debido a la calidad del agua, asociada con el uso inapropiado de nutrientes (Espinosa 2007).

El potasio es un macro elemento esencial, esto se debe a su facilidad para manifestar su deficiencia en las plantas rápidamente debido a las grandes cantidades con que es requerida por ellas. La fijación de potasio puede disminuir en medios con un nivel de pH ácido, reduciendo notablemente la disponibilidad de este macronutriente para las plantas (Larriva 2003). Entre las principales funciones del potasio, destacan la activación enzimática, metabolismo de las proteínas, balance iónico, crecimiento de la extensión de membranas celulares, apertura y cierre de las estomas y turgencia celular (Marschner 1995).

El monitoreo de pH y conductividad eléctrica (CE) en los medios nos da la posibilidad de corregir cualquier tipo de problemas que puedan surgir en la nutrición de las plantas, evitando perjudicar los cultivos en el futuro. El pH en los sustratos de crecimiento afecta la disponibilidad de nutrientes, en especial los micronutrientes. La conductividad eléctrica es una medida de la concentración de sales disueltas en un sustrato de crecimiento, cuyos valores proveen una idea de la cantidad de fertilizante disponible en el medio para el crecimiento de las plantas (Torres *et al.* 2008).

En los cultivos de lechuga (*Latuca sativa*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), la fertilización inicia a partir del quinto día, momento en el que todas las plantas han terminado su proceso de emerger. Se ha comprobado que al usar nitrato de potasio KNO_3 , el efecto en cuanto a crecimiento es mucho mayor que al usar otros fertilizantes comerciales como el triple 20 (20-20-20). También se observó que la aplicación de fertilizantes aumenta la conductividad eléctrica sin afectar el crecimiento de las plantulas (Insuasti 2017).

- El objetivo fue evaluar tres dosis de nitrato de potasio y su efecto en la calidad de plántulas de lechuga y tomate.

2. METODOLOGÍA

Ubicación.

El experimento se llevó a cabo del 5 al 27 de septiembre del 2018. El ensayo se realizó en los macrotúneles de la sección de producción de plántulas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano ubicado a 30 Km de Tegucigalpa, Honduras. El macrotúnel en el que se establecieron las plántulas fue elegido específicamente por su alta resistencia a los vientos, alta transmisión de la luz solar y es apto para materiales de cobertura flexibles. El promedio de temperatura durante el periodo en el que se realizó el experimento fue de 23 °C (Figura 1).

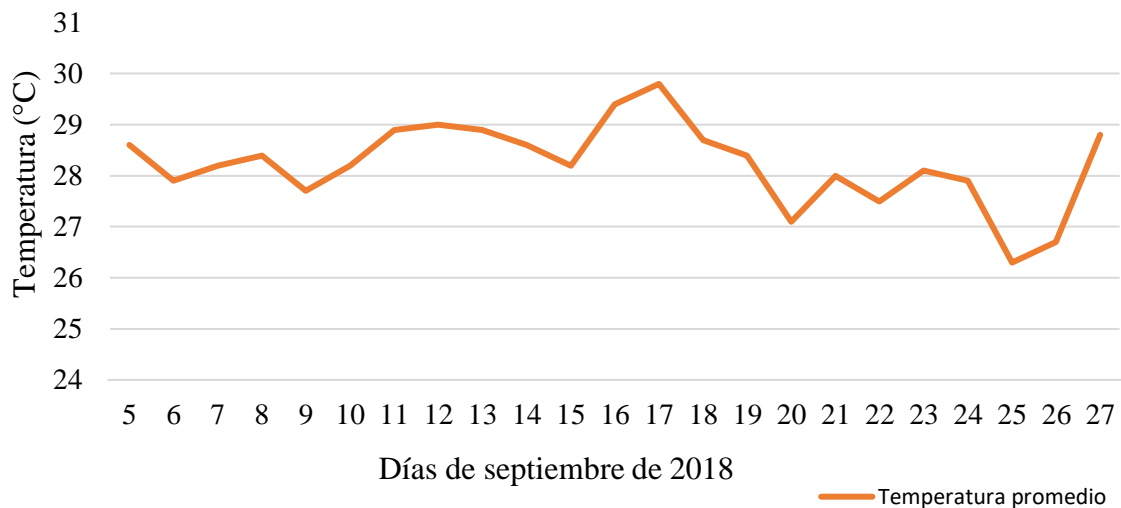


Figura 1. Temperatura promedio de los macrotúneles de la sección de producción de plántulas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano del 5 al 27 de septiembre del 2018. Elaboración propia.

Cultivos.

Se evaluaron dos cultivos: lechuga (*Latuca sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Para la lechuga se utilizó el cultivar Locarno, lechuga de tipo “lollo”, con una orilla de sus hojas rizada de color y ramificaciones finas y cortas, tamaño diminuto, cogollo abierto, adecuada para sembrarla en invernadero (Madrid y Flores 2013). Para el tomate se evaluó el cultivar Orna, es una variedad temprana de tipo “pera”, con un fruto de alta calidad, muy productivo de planta fuerte y saludable (Hazera Seeds 2018).

Siembra.

Para el ensayo se utilizaron bandejas de poliestireno de 200 celdas con dimensiones de 3×3×5 cm de altura, para ambos cultivos. Previo a la siembra se lavaron y desinfectaron las bandejas con hipoclorito de sodio a una concentración de 200 mg/L. Para la siembra se utilizó sustrato Pindstrup®, el cual es derivado de musgo de turba utilizado en la producción comercial de plántulas de hortalizas con un pH de 5.5 ajustado con cal, 88% de materia orgánica y porosidad adecuada para una buena germinación. Se sembró una semilla por postura y se cubrió con medio humedecido anticipadamente.

Al haber finalizado la siembra, se trasladaron todas las bandejas al cuarto de pre germinación por un periodo de 48 horas. El cuarto de pregerminación simula diversas condiciones ambientales tales como la humedad o la temperatura para incentivar el crecimiento natural de las plantas, con número mayor y homogéneo de semillas germinadas por bandeja (Castillejo 2014).

Riego.

A las 48 horas después de la siembra, todas las bandejas fueron retiradas del cuarto de pre germinación y trasladadas al macrotúnel de producción de plántulas, donde fueron regadas a diario con agua hasta iniciar la fertilización.

Tratamientos.

Se evaluaron tres concentraciones de nitrato de potasio, 0.38, 0.77 y 1.15 g/L, comparadas con un testigo (Cuadro 1.). Las concentraciones de nitrato de potasio se determinaron para aportar 50, 100 y 150 mg/L de nitrógeno.

Cuadro 1. Descripción de dosis de cada tratamiento con fertilizante nitrato de potasio aplicadas en producción de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Concentración de nitrato de potasio (g/L)	Concentración de N (mg/L)	Concentración de K (mg/L)	Nitrato de potasio por planta (mg)
0.38	50	153	1.5
0.77	100	307	3.1
1.15	150	460	4.6

g/L: gramos por litro de agua.

mg/L: miligramos por litro de agua.

Para que la aplicación del volumen de solución sea adecuada y uniforme en cada plántula para todos los tratamientos, se determinó la capacidad de retención de humedad del sustrato. La evaluación se realizó partiendo de un volumen conocido agregando gota a gota agua en cada plántula hasta llegar al punto de saturación; después de esto se midió el volumen de agua agregado a cada plántula, este procedimiento se repitió con varias plántulas en ambos cultivos. Durante las primeras dos semanas, para ambos cultivos solo fueron necesarios 4

mL para llegar al punto de saturación del sustrato. Sin embargo, en la tercera semana el cultivo de lechuga incrementó a 5 mL de solución.

Las aplicaciones de fertilizante se iniciaron al día cinco después de siembra, a partir de este día se fertilizó diariamente utilizando una jeringa milimétrica.

Variables evaluadas.

Altura. Para ambos cultivos, se midió la altura una vez por semana desde la base del tallo hasta la última hoja. Se seleccionaron cinco plantas al azar por tratamiento en cada repetición, a las cuales se les midió la altura durante todo el experimento. La medida se tomó en centímetros utilizando una cinta métrica. Se realizaron tres tomas de datos a los 6, 14 y 19 días después de siembra.

pH y conductividad eléctrica (CE). La medición de pH y CE se midió en el lixiviado del sustrato. Se eligieron cinco plántulas al azar de cada repetición. Se recolectó el lixiviado de los pilones utilizando el método “*plug squeeze*” que consiste en comprimirlos para determinar el pH y conductividad eléctrica (Landis y Dumroese 2006). La muestra del lixiviado recolectado se analizó con un medidor de pH y CE marca GroLine®. La conductividad eléctrica es medida en milisiemens por centímetro (mS/cm) y el pH en niveles de acidez o alcalinidad en una escala que va de 0 a 14. Se realizaron tres tomas de datos a los 7, 15 y 20 días después de la siembra.

Diámetro y longitud radicular. A la edad de trasplante día 21, las plántulas fueron extraídas de la bandeja en las que se habían desarrollado para lavar las raíces y eliminar el sustrato adherido a las mismas. Posteriormente fueron escaneadas para determinar el diámetro y longitud radicular, usando el programa de análisis de imagen WinRHIZO®. Se utilizaron dos plántulas por repetición de cada tratamiento.

Diseño experimental.

Se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) por cada cultivo. El diseño consta de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones. Se obtuvo un total de 320 unidades observacionales por cada cultivo, de las cuales 240 plántulas se utilizaron para medir pH y CE en el lixiviado y 80 plántulas para medir altura y realizar el análisis radicular.

Análisis estadístico.

Los datos fueron analizados con un análisis de varianza (ANDEVA) por cada variable mediante Modelo Lineal General (GLM) ($P \leq 0.05$), con separación de medias de Duncan, utilizando el programa “Statistical Analysis System” (SAS® versión 9.4).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura.

Las plántulas con mayor altura a los 14 y 19 días fueron las que recibieron los tratamientos con dosis de nitrato de potasio en concentraciones de 1.15 y 0.77 g/L, sin presentar diferencia entre ellos. Se observó que el resultado fue similar en ambos cultivos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Altura (cm) a los 6, 14 y 19 días después de siembra (DDS) en plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Tratamientos	Lechuga			Tomate		
	6 DDS	14 DDS	19 DDS	6 DDS	14 DDS	19 DDS
0.38 g/L	2.96 ^{ns}	7.66b [¥]	8.62b	4.57a	7.29b	8.43b
0.77 g/L	3.11	8.44a	9.14a	4.30a	8.12a	8.91a
1.15 g/L	3.08	8.54a	9.08a	4.26b	8.23a	9.18a
Testigo	3.15	5.22c	5.80c	3.80c	5.02c	5.79c
R ²	0.02	0.80	0.84	0.28	0.81	0.80
CV	17.88	9.30	7.57	10.75	9.00	8.46

R²: Coeficiente de determinación.

CV: Coeficiente de variación.

¥ Medidas con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (P≤0.05).

ns: No hay diferencia significativa en la columna (P>0.05).

Ambos cultivos presentaron una menor altura en los tratamientos de nitrato de potasio disuelto a 0.38 g/L y testigo. Esto se puede atribuir que las plántulas tuvieron una menor disponibilidad de nitrógeno y potasio.

El potasio es necesario para diferentes procesos de crecimiento en las plantas, las concentraciones más altas de potasio en la solución de suelo ayudan a acelerar la entrega de este elemento a la raíz (Armstrong 1998). Se ha comprobado que un alto nivel de nitrógeno y potasio disponible en un sustrato favorece significativamente al diámetro y crecimiento del tallo de la planta (Rodríguez 1998). Así mismo la deficiencia de potasio causa anomalías en el crecimiento e influye en el estrés hídrico de las plantas, mientras que cuando las concentraciones de potasio son adecuadas para la planta, existe una mayor

tasa de fotosíntesis, la cual es reflejada en una alta producción de biomasa (Marschner 1995).

En otro estudio orientado a la producción de plántulas de pino en invernadero se afirma que la inclusión de bajos niveles de N durante la fase de endurecimiento para reducir la relación N/K, parece tener una gran influencia en climatologías, donde en temporadas cálidas, no sólo no se produce una parada vegetativa, sino que se mantiene su crecimiento. De cualquier forma, los niveles óptimos en relación a nutrientes para especies forestales producidas en contenedor necesitarán ajustarse para cada especie y condiciones de cultivo (Ortega *et al.* 2007).

Conductividad eléctrica (CE) en el sustrato.

La aplicación de nitrato de potasio disuelto a 0.77 y 1.15 g/L incrementó la conductividad eléctrica del día 15 en comparación con el día siete para ambos cultivos (Cuadro 3). Este incremento puede atribuirse a una mayor absorción de agua y menor absorción de nutrientes durante las primeras etapas de la plántula. Para el día 20, la CE disminuyó en todos los tratamientos. La disminución en la conductividad eléctrica en la muestra realizada el día 20 puede ser causada por el aumento en el desarrollo radicular de las plántulas en los pilones, causando una reducción en la concentración de sales ya que estas son absorbidas como nutrientes.

Los cambios en la conductividad eléctrica se deben a que, durante el desarrollo del cultivo, esta puede ser modificada por la calidad de agua de riego, especie del cultivo, presencia de fertilizantes insolubles o la incorporación de una cantidad de fertilizante superior a las absorbidas o lixiviadas (Torres *et al.* 2008; Barbaro *et al.* 2014).

Tratamientos	Lechuga			Tomate		
	7 DDS	15 DDS	20 DDS	7 DDS	15 DDS	20 DDS
0.38 g/L	1.14 ^{ns}	0.75 ^c ‡	0.50c	1.18a	1.14b	0.49c
0.77 g/L	1.39	1.48b	0.87b	1.60a	1.39b	0.96b
1.15 g/L	1.99	2.27a	1.45a	1.88a	1.99a	1.46a
Testigo	0.89	0.34d	0.17d	0.74b	0.89c	0.24c
R ²	0.88	0.36	0.95	0.95	0.88	0.90
CV	12.87	2.07	0.81	8.43	12.87	22.82

R²: Coeficiente de determinación.

CV: Coeficiente de variación.

‡ Medidas con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales.

ns: No hay diferencia significativa en la columna.

Cuadro 3. Conductividad eléctrica (mS/cm) a los 7, 15 y 20 días después de siembra (DDS) en plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

El rango recomendable de CE para el cultivo de plantas sin suelo está entre los 0.75-1.9 mS/cm, por lo que un sustrato con una CE mayor a 3 mS/cm debe ser tratado para ajustarla al requerimiento de la especie a cultivar (Gayosso *et al.* 2016). Esta afirmación concuerda

con otro estudio donde se afirma que un valor de CE superior a 3 mS/cm es inadecuada incluso en cultivos medianamente resistentes a la salinidad como el tomate, el melón, la sandía y la berenjena (Baixauli y Olivert 2002). Por lo tanto, las dosis suministradas de fertilizante son aptas para el desarrollo de ambos cultivos.

pH del sustrato.

La aplicación de nitrato de potasio generó un aumento progresivo en el pH del sustrato, el cual se puede observar desde el segundo muestreo realizado el día 15 en ambos cultivos (Cuadro 4). El aumento de pH varía según la concentración en cada tratamiento, siendo el de concentraciones de nitrato de potasio a 1.15 g/L, el tratamiento que presenta los niveles de menor acidez. Los resultados de esta variable se deben a que el nitrato de potasio es un fertilizante de reacción neutra con tendencia a aumentar el pH del sustrato según la dosificación en las aplicaciones del mismo, ya que este provoca una liberación de aniones hidroxilo (OH⁻), creando un ligero ambiente alcalino en el entorno de las raíces, lo que mejora las propiedades en suelos ácidos (Ginés y Mariscal 2002).

Cuadro 4. pH del sustrato a los 7, 15 y 20 días después de siembra (DDS) en plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Tratamientos	Lechuga			Tomate		
	7	15	20	7	15	20
	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS
0.38 g/L	5.51 ^{ns}	5.51a [¥]	5.73b	5.27a	5.51a	5.49b
0.77 g/L	5.45	5.63a	5.95a	5.28a	5.44a	5.74a
1.15 g/L	5.44	5.55a	6.02a	5.28a	5.44a	6.00a
Testigo	5.51	5.42a	5.58c	5.35a	5.51a	5.46b
R ²	0.17	0.36	0.95	0.24	0.17	0.60
CV	1.52	2.07	0.81	1.26	1.52	3.67

R²: Coeficiente de determinación.

CV: Coeficiente de variación.

¥ Medidas con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales.

ns: No hay diferencia significativa en la columna.

Es importante mencionar que el desarrollo de las plantas se ve reducido en condiciones de acidez o alcalinidad marcada. El pH influye en la asimilabilidad de los nutrientes por la planta. Con un pH inferior a 5 pueden presentarse deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y con valores superiores a 6.5 se disminuye la asimilabilidad de hierro, fósforo, magnesio, boro, zinc y cobre (Baixauli y Olivert 2002). Por lo tanto, la aplicación de nitrato de potasio no afecta significativamente el grado de acidez del sustrato en ninguna de las dosis suministradas en el experimento.

Diámetro y longitud radicular.

Se encontró un mayor diámetro radicular en los tratamientos con dosificaciones de nitrato de potasio a 0.77 y 1.15 g/L en el tomate y dosis de 1.15g/L en la lechuga (Cuadro 5). Este resultado puede ser atribuido a la mayor cantidad de potasio disponible para dichos tratamientos, el cual fortalece la pared, estructuras, componentes celulares y por ende los tejidos de las raíces desarrollándolas y multiplicándolas (Larriva 2003).

Cuadro 5. Diámetro y longitud radicular a los 21 días después de siembra (DDS) en plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Tratamientos	Lechuga		Tomate	
	Diámetro (mm)	Longitud (cm)	Diámetro (mm)	Longitud (cm)
0.38 g/L	0.32b [‡]	216.97a	0.35b	195.52a
0.77 g/L	0.33b	209.91a	0.38a	173.49ab
1.15 g/L	0.37a	210.76a	0.40a	178.55ab
Testigo	0.27c	174.48b	0.31c	160.45b
R ²	0.58	0.20	0.55	0.19
CV	9.46	17.67	8.93	15.74

R²: Coeficiente de determinación.

CV: Coeficiente de variación.

‡ Medidas con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales.

El desarrollo radicular de las plántulas de los tratamientos de 0.38 g/L de nitrato de potasio y testigo presentaron un crecimiento diferente, el cual se extendió debajo de los pilones, dejando raíces delgadas y débiles expuestas debajo de las bandejas. Este tipo de crecimiento puede haber sido causado por la deficiencia de nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta en el medio de desarrollo, por lo que también el crecimiento de las plántulas tuvo un retraso muy significativo.

A pesar del desarrollo radicular uniforme en cuanto al diámetro de los tratamientos, aquellos con dosis de nitrato de potasio a 0.38 g/L y testigo presentaron un crecimiento diferente el cual excedía los límites de los pilones, extendiéndose debajo de las bandejas de siembra. Es importante observar que los tratamientos con dosis de 0.77 y 1.15 g/L predominan en diámetro radicular, variable que determina la resistencia de las raíces al momento del trasplante (Figura 2).



Figura 2. Comparación entre el desarrollo radicular de una plántula desarrollada en concentraciones de nitrato de potasio a 1.15 g/L (A) y 0.38 g/L (B).

4. CONCLUSIÓN

- Las aplicaciones de nitrato de potasio en dosis de 0.77 y 1.15 g/L, generan plántulas compactas y vigorosas con un mejor sistema radicular.

5. RECOMENDACIONES

- Fertilizar con 0.77 g/L de nitrato de potasio a las plántulas de tomate y lechuga establecidas en un macrotúnel, desde el día en el que presenten sus primeras hojas cotiledonares, hasta que estén listas para ser trasplantadas a campo.
- Evaluar si el cambio en formulaciones puede producir plántulas en menos días.
- Realizar un análisis de costos tomando en cuenta tanto las diferentes dosificaciones de nitrato de potasio
- Evaluar el uso de otros tipos de fertilizantes que aporten fósforo y calcio.

6. LITERATURA CITADA

- Alarcón A. 2006. Nutrición y riego en los viveros. extra viveros. [consultado 10 nov 18]; 2:52-64. esp.
[http://www.horticom.com/revistasonline/revistas/viveros06/a_alarcon.pdf]
- Amézquita E. 1999. Requerimientos de agua y nutrición de cultivos de flores. XI Congreso Nacional Agronómico. Cali, Colombia: CIAT.
- Armstrong D. 1998. Better crops. Potash & Phosphate Institute (PPI) [consultado 2 oct 18]. Volumen (82):32-36. eng.
[[http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/E90E04A957EA624285257980007CD63C/\\$FILE/BC-1998-3.pdf](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/E90E04A957EA624285257980007CD63C/$FILE/BC-1998-3.pdf)]
- Baixauli C, Olivert J. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. 1^{ra} ed. Valencia (España): Generalitat Valenciana. 110p.
- Barbaro L, Karlanian M, Mata D. 2014. Importancia del pH y la conductividad eléctrica en los sustratos para plantas [internet]. Buenos Aires (Argentina). [consultado 3 oct 18]. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf]
- Castillejo P. 2014. Cámara germinadora de semillas [tesis]. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Telecomunicación, Navarra-España. 23p.
- Cortés d, Pérez B, Camacho J. 2013. Relación espacial entre la conductividad eléctrica y algunas propiedades químicas del suelo. U.D.C.A Act & Div. [consultado 2 sept 12]. esp. [<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n2/v16n2a14.pdf>].
- Espinosa J. 2007. Consideraciones en el Uso Eficiente de Nutrientes. IPNI (International Plant Nutrition Institute). Quito (Ecuador). {consultado 12 sept 28}. [[http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/EC5D7D4A78BB6D6D852579A3006CB4D4/\\$FILE/Consideraciones%20en%20el%20Uso%20Eficiente%20de%20Nutrientes.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/EC5D7D4A78BB6D6D852579A3006CB4D4/$FILE/Consideraciones%20en%20el%20Uso%20Eficiente%20de%20Nutrientes.pdf)]
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2003. Producción de plántulas en el invernadero [internet]. Comayagua (Honduras). [consultado 4 ago 18]. [http://www.fhia.org.hn/downloads/hortalizas_pdfs/hojatecnica3prodinvernadero2001.pdf].

- Gayosso S, Del Carmen L, Villanueva E, Estrada M, Gamuña H. 2016. Conductividad eléctrica y sales en lavados de fibra de coco y sargazo. Instituto Tecnológico de Conkal-Mexico. 26p.
- Ginés I, Mariscal I. 2002. Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo; [consultado 2017 Ago 1]. http://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL_MONO_2002_01.pdf.
- Gómez D, Vásquez M. 2011. Plántulas de invernadero. 1ra ed. Tegucigalpa (Honduras). Pymerural. 34p.
- Hazera Seeds. 2018. Catálogo de semillas, saladette/roma, orna [internet]. Berurim M.P Shikmim: Hazera Seeds Ltd; [consultado 2018 sept 18]. [<https://www.hazeralatinamerica.com/wp-content/uploads/products-pdf/product-5564.pdf>].
- IFA (International Fertilizer Association). 1992. World Fertilizer Manual. París (Francia). [consultado 13 sept 18]. [<http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>].
- Insuasti J. 2017. Efecto de los fertilizantes triple 20 y nitrato de potasio en pH, conductividad eléctrica en el sustrato y crecimiento de plántulas de lechuga, tomate y chile [tesis]. Zamorano-Honduras. 17p.
- Kondo S. 2010. Plantines guía técnica 10 [internet]. MAG/PROPA-Oriente. San Salvador (El Salvador). [https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable_10.pdf].
- Landis T, Dumroese R. 2006. Monitoring Electrical Conductivity in Soils and Growing Media [internet]. Pacific Northwest Region: USDA Forest Service. [consultado 9 oct 18]. [https://www.researchgate.net/publication/272817935_Monitoring_electrical_conductivity_in_soils_and_growing_media]
- Lardizabal R. 2007. Producción de plántulas en bandejas [internet]. MCA-H/EDA. Lima (Honduras). [consultado 4 nov 18]. [http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/75/EDA_Manual_Produccion_Plantulas_08_07.pdf?sequence=1]
- Larriva N. 2003. Síntesis de la importancia del potasio en el suelo y plantas. La Granja. 1(2):23-24.
- Madrid J, Flores L. 2013. Comparación de la producción de lechuga de los cultivares Maximus, Locarno, Versai y Kristine en acuaponía con tilapia en Zamorano [tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 14p.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. San Diego (EE.UU): Academic Press. 483-643.
- Ortega U, Majada J, Sanchez J, Rodriguez N, Txarterina K, Azpitarte J, Duñabeitia M. 2007[tesis]. Universidad de Chile-Chile. 255p

- Portillo M. 2006. Manual de agricultura protegida los 5 pilares. 1ra ed. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano (Honduras). [consultado 5 nov 18]. [<http://hdl.handle.net/11036/2953>]
- Rodríguez C. 1998. Efecto del nitrógeno, fosforo y potasio en el crecimiento y producción de plántulas de tomate [tesis]. Universidad Autónoma de Nuevo León. 87p.
- Rodríguez I, Posas F, Fuentes L, León B, Rodríguez L, Gómez D, Vásquez M. 2013. Agricultura protegida. 1ra ed. Tegucigalpa (Honduras). Pymerural. [consultado 5 nov 18]. [http://www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/2014/06/agricultura_protegida.pdf]
- Torres A, Camberato D, Lopez R, Mickelbart M. 2008. producción comercial de cultivos bajo invernadero y vivero. Purdue Extension. [consultado 10 sept 18]; HO-237-SW:2-6. esp. [<https://www.extension.purdue.edu/extmedia/HO/HO-237-SW.pdf>].
- Torres A. 2017. Manual de cultivo del tomate bajo invernadero [internet]. INDAP. Santiago (Chile). [consultado 6 nov 18]. [<http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/12%20Manual%20de%20Tomate%20Invernadero.pdf>]

7. ANEXOS

Anexo 1. Aplicación diaria de nitrato de potasio a plántulas de tomate.



Anexo 2. Plántula de tomate antes y después de ser lavada para su análisis radicular al día 21 después de siembra.



Anexo 3. Escaneo y análisis radicular con el software WinRHIZO®.

