

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

Jean Paúl Insuasti Benítez

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

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

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

Presentado por

Jean Paúl Insuasti Benítez

Zamorano, Honduras
Noviembre, 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

Jean Paúl Insuasti Benítez

Resumen: La producción de plántulas de calidad es una práctica de éxito bajo condiciones controladas, apropiado sustrato y nutrición, permitiendo su mejor establecimiento al momento del trasplante. El estudio se realizó en la sección de producción de plántulas de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. El objetivo fue evaluar el efecto del triple 20 y nitrato de potasio en pH, conductividad eléctrica del sustrato y su efecto en crecimiento de plántulas de lechuga, tomate y chile. Se evaluaron tres tratamientos: ¹triple 20 ($0.5\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), ²nitrato de potasio ($0.74\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) y el testigo sin fertilizante. Las dosis de fertilizante se basaron en $100\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de nitrógeno. El experimento se realizó durante junio y julio de 2017. La fertilización se inició cuando las plántulas obtuvieron dos hojas cotiledonares, con aplicaciones diarias durante 21 días. Se evaluó pH y conductividad eléctrica del sustrato y altura de la planta medidas a los 7, 14 y 21 días, durante tres semanas. Al finalizar el ensayo se realizaron análisis foliares de macronutrientes. Se realizó un (DCA) y un ANDEVA con separación de medias por el método de Duncan P (≤ 0.05), con el programa SAS®9.4. Aplicar nitrato de potasio genera mayor crecimiento. Las aplicaciones con triple 20 acidifican el sustrato y el nitrato de potasio aumenta su pH. Los fertilizantes aumentaron la conductividad eléctrica del sustrato sin diferencia entre ellos. El uso de los fertilizantes modifica el pH y la conductividad eléctrica sin afectar el desarrollo en la etapa de plántulas.

Palabras clave: Fertilizantes, nutrición, peat moss, producción.

Abstract: The production of quality seedlings is a practice of success under controlled conditions, proper substrate and nutrition, allowing their best establishment at the time of transplantation. The study was carried out in the seedling production section of the Panamerican Agricultural School, Zamorano. The objective was to evaluate the effect of triple 20 and potassium nitrate in pH, electrical conductivity of the substrate, and its effect in growing seedlings of lettuce, tomato and chili. Three treatments were evaluated: ¹triple 20 ($0.5\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), ²potassium nitrate ($0.74\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) and the witness without fertilizer. Fertilizer doses were based on $100\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nitrogen. The experiment was conducted during June and July 2017. Fertilization began when seedlings obtained two cotyledon leaves, with daily applications for 21 days. pH and electrical conductivity of the substrate were evaluated, and plant height, measured at 7, 14 and 21 days for three weeks, was assessed. At the end of the assay, leaf analyses of macronutrients were performed. One (CRD) and one ANOVA with means separation by the method of Duncan P (≤ 0.05), with the program SAS ® 9.4. Applying potassium nitrate generates greater growth. Applications with triple 20 acidify the substrate and the potassium nitrate increases its pH. Fertilizers increased the electrical conductivity of the substrate without any difference between them. The use of the fertilizers modifies the pH and the electrical conductivity without affecting the development in the stage of seedlings.

Key Words: Fertilizers, nutrition, peat moss, production.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Figuras.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIÓN.....	12
5. RECOMENDACIONES.....	13
6. LITERATURA CITADA.....	14

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS

Cuadros	Página
1. Descripción de los tratamientos con fertilizantes triple 20 y nitrato de potasio en el desarrollo de plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.), tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) y chile (<i>Capsicum annuum</i> L.) basados en 100 mg·kg ⁻¹ de nitrógeno.....	4
2. pH del sustrato a los 7, 14 y 21 días a partir de la primera aplicación de los fertilizantes: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.), tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) y chile (<i>Capsicum annuum</i> L.) en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras..	9
3. Conductividad eléctrica (μS·cm ⁻¹) del sustrato a los 7, 14 y 21 días a partir de la primera aplicación de los fertilizantes: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.), tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) y chile (<i>Capsicum annuum</i> L.) en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	10
4. Análisis foliar de macronutrientes en plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) variedad Locarno los 21 días de aplicación de los fertilizantes: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	11
5. Análisis foliar de macronutrientes en plántulas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) variedad Shanty a los 21 días de aplicación de los fertilizantes: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	11
6. Análisis foliar de macronutrientes en plántulas de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.) variedad Aristotle. a los 21 días de aplicación con los tratamientos: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	11
Figuras	
1. Altura semanal de plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) con tres tratamientos: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	6

2. Altura semanal de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con tres tratamientos: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras..... 7
3. Altura semanal de plántulas de chile (*Capsicum annuum* L.) con tres tratamientos: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras..... 7

1. INTRODUCCIÓN

La producción de plántulas en condiciones protegidas es una práctica agrícola de éxito para la producción de hortalizas, ya que las plántulas son trasplantadas al lugar definitivo libres de plagas, enfermedades y con un alto vigor (FHIA 2003). Producir plántulas de calidad implica invertir en invernaderos que reducen los efectos dañinos del ambiente (Gómez y Velásquez 2011).

La producción de plántulas en condiciones protegidas demanda cuidados adicionales a los de las plántulas al aire libre; generalmente se usan medios o sustratos, mediante los cuales se mejoran su desarrollo en comparación al uso de suelo (INIFAP 2010). Las ventajas que el sustrato provee ha hecho que el número de empresas productoras de plántulas en pilón se incremente su consumo ya sea para uso propio o para ser comercializada (ASAHO 2007).

La calidad de plántula es la combinación de la altura, el diámetro y el tamaño y desarrollo de raíces. Estas características determinan el grado de establecimiento adecuado en el campo e influye en la tasa de supervivencia y rendimiento, la calidad considera la salud, vigor, raíces y apariencia (Wigthman 1999). La escasez o exceso de un nutrimento afectan las características morfológicas, esto se ve reflejado en las características en la apariencia de la misma, si estas deficiencias se prolongan ocurre una disminución considerable de la producción a futuro (Ortega y Malavolta 2012).

El alto consumo de fertilizantes nitrogenados a nivel mundial se debe a que el nitrógeno, fósforo y el potasio, son elementos claves para el crecimiento adecuado y desarrollo de las plántulas. Por otra parte, existe una deficiencia generalizada de nitrógeno en los suelos a nivel mundial, lo que implica una dependencia directa entre el uso de estos productos para mejorar el rendimiento en campo (DANE 2012). El incremento del costo de los fertilizantes ha hecho que su uso sea más eficiente, además de la continua preocupación por su impacto ambiental, asociado con su uso inapropiado (Steward 2007). Durante los últimos 50 años el precio de los fertilizantes nitrogenados se ha incrementado 20 veces, se prevé que su aplicación aumente a 180 millones de toneladas para 2030 (Verhulst *et al.* 2015).

Realizar estudios físicos químicos del medio permite identificar la dosis del fertilizante ideal ya que el uso inadecuado de nitrógeno altera su estructura, incrementa las sustancias tóxicas y modifica el pH (DANE 2012). El cambio de pH en el sustrato depende de su composición, capacidad de intercambio catiónico y el poder búfer que está influenciado por la materia orgánica presente. El pH original del suelo, la dosis de N aplicada y la frecuencia de aplicación son otras condiciones importantes (Perdómo y Barbazán 1992). La acidificación es la tendencia del sustrato a cargarse con iones H^+ , que ocasiona el deterioro

de los cationes de los minerales. La acidificación del sustrato es favorecido por la aplicación de ciertos fertilizantes (Ginés y Mariscal 2002).

El nitrógeno desarrolla biomasa y regula procesos metabólicos; a medida que la planta crece el requerimiento de nitrógeno es mayor (Perdómo y Barbazán 1992). La urea, amonio y nitrato son fuentes de nitrógeno utilizadas en la agricultura, la nitrificación es la oxidación biológica de amonio a nitrato, es mediado por bacterias autotróficas, aeróbicas obligadas. La urea es descompuesta por la enzima ureasa o químicamente hidrolizada a amoniaco y CO₂. En el paso de amonificación, amoniaco es convertido mediante bacterias amonificantes en el ion amonio (NH₄⁺) (PNA s.f).

Los sustratos son de gran importancia para el desarrollo normal de la planta, sus características físicas posibilitan la disponibilidad de oxígeno, crecimiento de raíces retención de agua, la textura, estabilidad estructural, mientras que las propiedades químicas facilitan la disposición de Capacidad de Intercambio Catiónico, pH, capacidad tampón, fertilidad, aunque esta última depende de los fertilizantes presentes en el mismo (Oliverio 2014).

El pH del medio influye en la asimilación de nutrientes, el pH que proporciona mejores condiciones es ligeramente ácido. (Ginés y Mariscal 2002). Si el pH del sustrato se encuentra en el rango óptimo la mayoría de los nutrientes mantiene su máximo nivel de solubilidad. Por debajo de este rango, pueden presentarse deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio; mientras que arriba del neutro puede disminuir la solubilidad del hierro, fósforo, manganeso, zinc y cobre (Barbaro *et al.* 2013).

La conductividad eléctrica se refiere a la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato, es la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica a otro material, mientras se mueva con más facilidad el valor será más alto. La conductividad eléctrica baja evita problemas por fitotoxicidad en el cultivo facilitando así la fertilización (Barbaro *et al.* 2013).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los fertilizantes triple 20 y el nitrato de potasio en pH, conductividad eléctrica en el sustrato y crecimiento de las plántulas de lechuga, tomate y chile.

2. METODOLOGÍA

El estudio se realizó entre junio y julio del 2017 en la sección de producción de plántulas de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Valle del Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente, Honduras, en el macrotúnel II con temperatura promedio de 29 °C.

Cultivos.

Se utilizaron para la evaluación tres cultivos: lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Locarno, tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Shanty y chile (*Capsicum annuum* L.) variedad Aristotle. Se sembraron 400 semillas por cultivo para un total de 354 plántulas necesarias para el estudio.

Siembra.

Para la siembra se utilizó peat moss, este es un sustrato orgánico utilizado en viveros y almacigos. Es un material fosilizado que tiene pH de 5.5 a 6.0, 48% de retención de humedad y 20% de aireación, reúne las características necesarias para una buena germinación, de esta manera mejora la calidad de plántulas (Cruz-Crespo *et al.* 2012).

Se usaron bandejas de poliestireno que se desinfectaron con hipoclorito de calcio al 68%, con concentración de 200 mg·kg⁻¹ de cloro. Para la lechuga se usaron bandejas de 128 celdas con dimensiones 3 × 3 × 5 cm de altura y 24 mL de volumen, las celdas son más grandes por la forma de crecimiento de las hojas y su raíz profunda. Para el tomate y el chile se usaron bandejas de 200 celdas con dimensiones 2.5 × 2.5 × 3.5 cm de altura y 12 mL de volumen.

Previo a la siembra se humedeció el sustrato, se marcaron las celdas, se colocaron y cubrieron las semillas con el mismo sustrato; posteriormente se estibarón e ingresaron al cuarto de pregerminación con promedio de 67% de humedad relativa y 26 °C de temperatura a condiciones de oscuridad. El uso del cuarto de pregerminación estimula una germinación más uniforme (Bilbao 2010), a las 48 horas las bandejas fueron trasladadas al macrotúnel.

Riego.

Todos los cultivos fueron regados diariamente con 110 mL de agua destilada a cada bandeja, se utilizó un atomizador. Este riego se realizó hasta que las plántulas tuvieran sus

hojas cotiledonares, para la lechuga y tomate fue a los cinco días y para el chile a los diez días.

Aplicación de fertilizantes.

La fertilización inició en lechuga y tomate a partir del quinto día, en el chile a partir del décimo día; esto se debe a que el chile toma más tiempo en emerger. Los tratamientos triples 20 y nitrato de potasio, fueron aplicados con base a $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de nitrógeno, el testigo no se aplicó con fertilizante.

Para el cultivo de lechuga se aplicó 5 mL y para en el tomate y chile se aplicó 4 mL en cada celda, en todos los cultivos se hicieron aplicaciones diarias durante 21 días. Las aplicaciones se hicieron al sustrato con una jeringa milimétrica. Para determinar la cantidad de fertilizante se aplicó agua con un volumen determinado, hasta llegar a la saturación del sustrato.

Tratamientos.

Los tratamientos fueron aplicados a diario durante 21 días al sustrato.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos con fertilizantes triple 20 y nitrato de potasio en el desarrollo de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y chile (*Capsicum annum* L.) basados en $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de nitrógeno.

Tratamientos	Formula de fertilizantes (%)				Dosis ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			N	P	K
Triple 20	20.0	20.0	20.0		0.50	100	100	100
Nitrato de Potasio	13.5	0.0	38.0		0.74	100	0	281
Testigo	0.0	0.0	0.0		0.00	0	0	0

$\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$: gramos por litro de agua

Variables.

A los ocho días de aplicados los fertilizantes se midieron las variables:

- **pH del sustrato:** Se tomaron muestras al azar de cada repetición, se separó el sustrato de las raíces, se midió el volumen del sustrato en un beaker, se colocó en vasos plásticos y se agregó agua destilada en relación 1:2 sustrato-agua destilada y después de una hora se midió el pH de la solución con un potenciómetro Hanna multifunción en $-\log [\text{H}^+]$.
- **Conductividad eléctrica (C.E) del sustrato:** Para medir la conductividad eléctrica se utilizó la solución en la que se midió el pH con el mismo potenciómetro en microSiemens ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)

La toma de datos de pH y conductividad eléctrica se realizó cada 7 días durante 3 semanas a 90 plántulas por cultivo, por el tipo de muestreo se utilizó una técnica destructiva para la toma de datos.

- **Altura:** En la lechuga desde la base del pilón hasta la hoja más alta, en tomate y chile desde la base del pilón hasta la bifurcación más alta. Se tomó cada siete días durante tres semanas, medida en centímetros.
- **Análisis foliar:** Al finalizar el estudio se tomaron 30 plántulas de cada tratamiento, mismas que fueron analizadas en el laboratorio de suelos de Zamorano para determinar la absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, el estudio de los macronutrientes se lo realizó a través del método N: AOAC 2001.11. K, Ca, Mg: Digestión húmeda con H₂SO₄ y H₂O₂, determinados por Absorción atómica. P: Digestión húmeda con H₂SO₄ y H₂O₂, determinado por espectrofotometría (colorimetría).

Diseño experimental.

Por cada cultivo se realizó un diseño completamente al azar (DCA) que consta de tres tratamientos; triple 20, nitrato de potasio y el testigo, con tres repeticiones, con un total de 360 unidades observacionales por cada cultivo. Se utilizaron 270 plántulas para la medir pH y C.E en el sustrato y 90 plántulas para medir la altura a través del tiempo, que se usaron para el análisis foliar al finalizar el experimento.

Análisis estadístico.

A cada variable se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) mediante Modelo Lineal General (GLM) ($P \leq 0.05$), con separación de medias por Duncan mediante el procedimiento LSMeans, con el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4[®]).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura.

Para los tres cultivos se encontró el mayor crecimiento en plántulas aplicadas con nitrato de potasio (KNO_3) respecto a los demás tratamientos. En las plántulas de lechuga aplicadas con el triple 20 y el testigo sin fertilizante no generaron diferencia significativa entre ellos, este patrón se repitió en las tres semanas de evaluación (Figura 1).

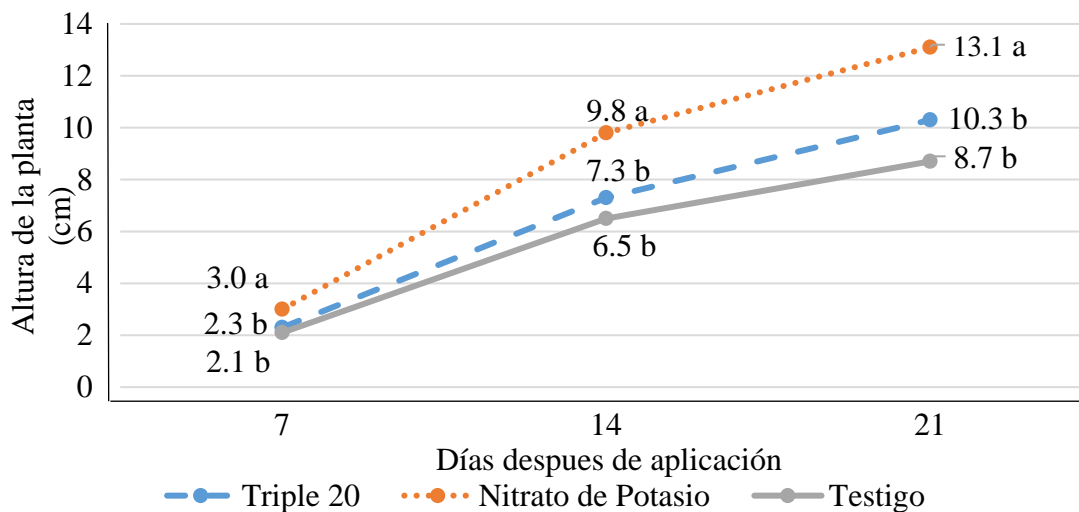


Figura 1. Altura semanal de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con tres tratamientos: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

En las plántulas de tomate y chile todos los tratamientos presentaron diferencia entre ellos, el tratamiento testigo presentó menor altura. Este patrón se repitió en las tres semanas de evaluación (Figura 2 y Figura 3).

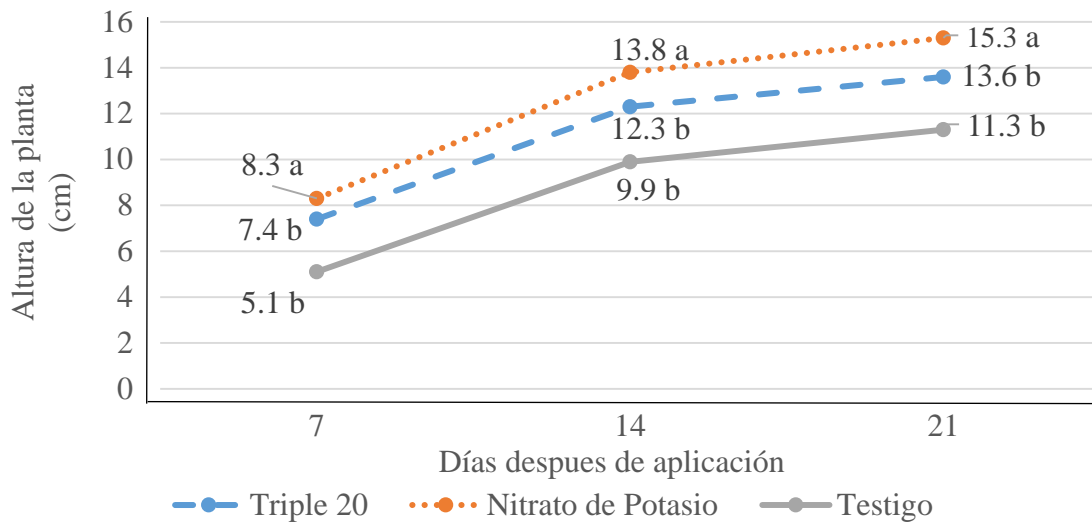


Figura 2. Altura semanal de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con tres tratamientos: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

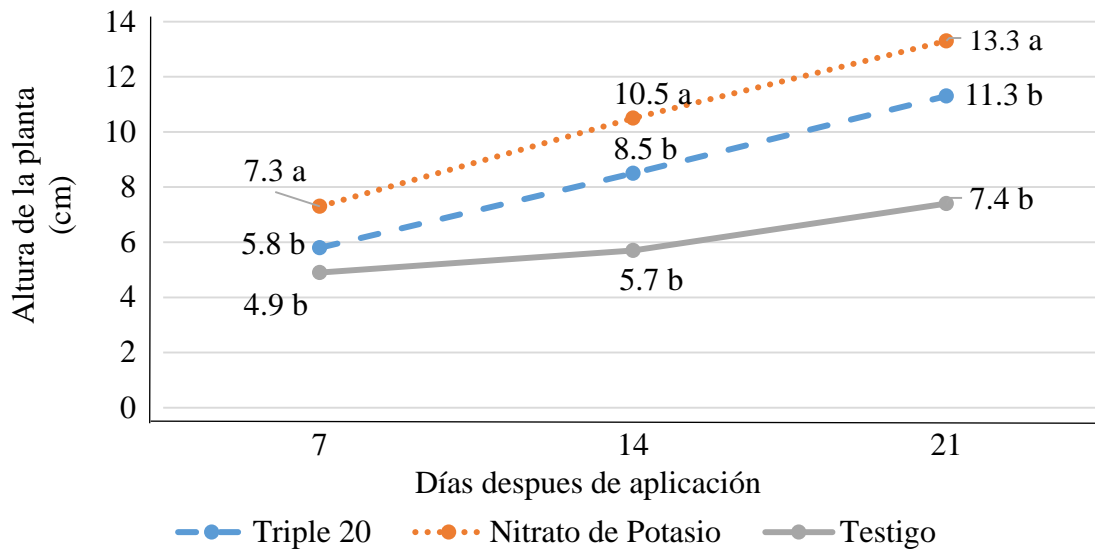


Figura 3. Altura semanal de plántulas de chile (*Capsicum annuum* L.) con tres tratamientos: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

El crecimiento en plántulas aplicadas con triple 20 se puede atribuir a que en plántulas jóvenes la eficiencia en la absorción de potasio es mayor y la habilidad para concentrar potasio en la corriente xilemática ha sido correlacionada con la tasa de crecimiento del tallo

(Ardón 2015). El potasio es el macronutriente más absorbido en las primeras etapas de desarrollo (Ciampitti y García 2008).

La deficiencia de potasio causa anormalidades en el crecimiento, produce clorosis en las hojas y quemaduras y la planta será más susceptible al estrés hídrico. Cuando las concentraciones de potasio en la planta son adecuadas existe una mayor tasa de fotosíntesis lo cual se refleja en una alta producción de biomasa de la planta (Marschner 2003). No aplicar fertilizantes causa retraso en el crecimiento progresivo de biomasa e influye en características de calidad (Villar *et al.* 2008).

pH en el sustrato.

Las plántulas aplicadas con nitrato de potasio causaron incremento en el pH del sustrato en comparación a los demás tratamientos (cuadro 2). Esta diferencia se notó en la lechuga a partir de los 21 días de aplicación y en el tomate y chile a partir de los 14 días de aplicación. Esto se pudo dar porque el nitrato de potasio es fertilizante de reacción neutra tiende a aumentar el pH del sustrato dependiendo las aplicaciones (Ginés y Mariscal 2002). El nitrato de potasio no acidifica el suelo ya que no contiene ni genera amonio, por el contrario, neutraliza medios ácidos, no se volatiliza como amoníaco y no necesita transformaciones previas (DISAGRO 2002).

Con la aplicación del triple 20 el sustrato bajó su pH en comparación a los demás tratamientos de la lechuga a partir de los 21 días de aplicación y en el tomate y chile a partir de los 14 días de aplicación (cuadro 2). El triple 20 está compuesto de nitrógeno amoniacal y urea compuestos que en el proceso de degradación producen amoníaco, los mismos generan acidez en el sustrato dependiendo de la frecuencia de aplicaciones, sin embargo al principio de las aplicaciones suben el pH del medio (Baloncini 2015). Las bacterias acidifican el medio a través de la nitrificación, el descenso de pH se observa ante la aplicación de dosis altas de fertilizantes amoniacales al medio o sustrato (Fisher y Argo 2001).

En el testigo el pH disminuyó respecto a los otros sustratos, en la lechuga a partir de los 14 días de aplicación, en el tomate desde los 14 días de aplicación y en chile a partir de los 7 días de aplicación (cuadro 2). Este factor pudo ser dado por la lixiviación de nutrientes con la aplicación de agua con pH ácido, además de la acumulación de iones de H^+ y Al^{3+} en el sustrato y la absorción de cationes básicos como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ (FAO 2016).

Cuadro 2. pH del sustrato a los 7, 14 y 21 días a partir de la primera aplicación de los fertilizantes: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y chile (*Capsicum annuum* L.) en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Lechuga			Tomate			Chile		
	7	14	21	7	14	21	7	14	21
Triple 20	6.08	6.13 a [¥]	5.89 b	6.12	5.25 b	5.32 b	6.30 a	5.81 b	5.39 b
Nitrato de potasio	5.94	6.26 a	6.34 a	6.10	6.09 a	6.14 a	6.22 a	6.49 a	6.61 a
Testigo	6.05	5.64 b	5.34 c	6.02	5.26 b	5.19 b	5.95 b	5.44 c	5.32 b
R ²	0.69	0.96	0.99	0.69	0.99	0.97	0.89	0.98	0.99
CV	1.01	1.26	1.16	1.33	1.3	1.88	1.58	1.49	0.59

R²: Coeficiente de determinación.

CV: Coeficiente de variación.

[¥] Medias con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales.

Conductividad eléctrica (C.E) en el sustrato.

Los fertilizantes aumentaron la C.E del sustrato, generalmente los nitratos tienen una mayor contribución sobre la conductividad eléctrica debido a su mayor movilidad (Rodríguez y Guzmán 2008). En este experimento no hubo diferencia estadística entre ellos (cuadro 3), esto pudo ser afectado por el diferente nivel de humedad al momento del muestreo en el transcurso del día. La conductividad eléctrica varía según la presencia de sales en el sustrato, aumenta con el nivel de solución de fertilizante presente. Los fertilizantes son sales que, agregadas con el agua de riego, forman una solución salina, la cual eleva y regula el pH dependiendo la cantidad de sales en el fertilizante (Sánchez 2000).

En el testigo se generó menor conductividad eléctrica en el sustrato respecto a los que tienen adición de fertilizantes (cuadro 3). La adición de fertilizantes aporta salinidad al medio, el mismo que se traduce como conductividad eléctrica. Sin la presencia de fertilizante se produce un lavado de sales (Hirzel 2009).

Cuadro 3. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) del sustrato a los 7, 14 y 21 días a partir de la primera aplicación de los fertilizantes: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y chile (*Capsicum annuum* L.) en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Lechuga			Tomate			Chile		
	7	14	21	7	14	21	7	14	21
Triple 20	0.25	0.13 a	0.13 a [¥]	0.08 b	0.04 a	0.07 b	0.09 b	0.11 a	0.21 a
Nitrato de potasio	0.24	0.10 b	0.15 a	0.09	0.04 a	0.12 a	0.11 a	0.13 a	0.24 a
Testigo	0.27	0.06 c	0.06 c	0.18	0.02 b	0.07 b	0.05 c	0.04 b	0.04 b
R ²	0.79	0.93	0.93	0.96	0.91	0.89	0.99	0.96	0.96
CV	9.4	10.8	12.5	12.1	14.8	15.1	4.1	12	16.6

R²: Coeficiente de determinación. CV: Coeficiente de variación.

[¥] Medias con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales.

Análisis foliar de macronutrientes.

Con la aplicación de triple 20 al sustrato las plántulas de lechuga, tomate y chile absorbieron más nitrógeno y fósforo fue en comparación a los demás tratamientos, las plántulas aplicadas con nitrato de potasio absorbieron más potasio. En todos los cultivos la plántula absorbió mayor cantidad de nitrógeno con el triple 20, sin embargo, el nitrato de potasio generó mayor altura. Este factor pudo ser dado por distinta fuente de fertilizantes, el nitrato de potasio aporta $280\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de potasio (K_2O), a diferencia del triple 20 que tiene $100\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (K_2O) (Cuadros 4, 5 y 6). La altura de la planta, diámetro del tallo, área foliar y desarrollo de raíces varía según la relación de nitrógeno y potasio que nosotros tengamos en nuestros fertilizantes la relación N: K 1:2 incrementa la altura y permite garantizar la calidad y formación de las plántulas independientemente de la época del año (Hernández *et al.* 2009).

El potasio es vital para el crecimiento, aumenta rendimientos y la calidad de los cultivos, favorece la fotosíntesis, promueve el almacenamiento de carbohidratos (Imas *et al.* s.f). El desarrollo y crecimiento de la planta son producto de mecanismos fisiológicos como la respiración y la fotosíntesis, los cuales permiten la formación de biomasa (López y Espinosa 1995).

Cuadro 4. Análisis foliar de macronutrientes en plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Locarno los 21 días de aplicación de los fertilizantes: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en la Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano, Honduras.

Tratamientos	g·100g ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
Triple 20	3.72	0.65	4.52	1.03	0.29
Nitrato de potasio	3.31	0.22	7.73	0.74	0.21
Sin fertilizante	1.67	0.33	3.68	1.27	0.24

Cuadro 5. Análisis foliar de macronutrientes en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) variedad Shanty a los 21 días de aplicación de los fertilizantes : triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	g·100g ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
Triple 20	4.57	0.97	2.2	1.54	0.21
Nitrato de potasio	3.94	0.25	4.57	1.57	0.23
Sin fertilizante	1.55	0.33	1.11	1.66	0.17

Cuadro 6. Análisis foliar de macronutrientes en plántulas de chile (*Capsicum annuum* L.) variedad Aristotle. a los 21 días de aplicación con los tratamientos: triple 20, nitrato de potasio y sin fertilización en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	g·100g ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
Triple 20	5.00	0.42	3.14	0.42	0.15
Nitrato de potasio	3.34	0.12	4.6	0.51	0.15
Sin fertilizante	1.75	0.22	2.31	0.38	0.15

4. CONCLUSIÓN

La aplicación de nitrato de potasio genera mayor crecimiento y sube el pH del sustrato, el triple 20 lo acidifica. La aplicación de fertilizantes aumenta la conductividad eléctrica sin afectar el crecimiento de las plántulas.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio en diferentes sustratos para evaluar el efecto del pH y conductividad.
- Realizar el estudio con diferentes dosis de nitrato de potasio para ver el efecto en altura.
- Replicar el ensayo y hacer aplicaciones de fertilizante por más tiempo para ver el efecto de los fertilizantes.
- Realizar este mismo estudio, pero con diferentes fuentes amoniacales.
- Evaluar otras fuentes de nutrientes que incluya N, P, K, Ca, Mg y S.

6. LITERATURA CITADA

- Ardón H. 2015. Efecto de fuentes de potasio sobre la concentración de sólidos solubles en sandía variedad Mickey Lee. Quetzaltenango: Rafael Landívar. 93 p; [consultado 2017 Ago 31]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/01/ArdonHugo.pdf>.
- ASAHO (Asociación Argentina de Horticultura). 2007. Congreso Argentino de Horticultura: I simposio internacional sobre cultivos protegidos. La Plata, Buenos Aires, Argentina; [consultado 2017 Ago 2] <http://www.horticulturaar.com.ar/bajar.php?archivo=200806141659490.Res%FAmes%20Arom%Elticas.pdf&nombre=XXX%20Congreso%20Argentino%20de%20Horticultura.2>
- Baldoncini A. 2015. Efectos de la aplicación de fertilizantes sobre el pH. Córdoba-Argentina: Universidad nacional de Córdoba; [consultado 2017 Ago 9]. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1849/Baldoncini%20%20Efectos%20de%20la%20aplicaci%C3%B3n%20de%20fertilizantes%20sobre%20el%20pH.pdf?sequence=1>
- Barbaro L, Karianan M, Mata D. 2013. Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas; [consultado 2017 Jul 7]. <https://inta.gob.ar/documentos/importancia-del-ph-y-la-conductividad-electrica-ce-en-los-sustratos-para-plantas>
- Bilbao E. 2010. Estudio de tratamientos pre germinativos en semilla de *Fagus sylvatica* L; [consultado 2017 oct 16], <http://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/2269/577286.pdf?sequence=1>
- Ciampitti A. y García O. 2008. Requerimientos nutricionales absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios II. Hortalizas, frutales y forrajeras. Aca-suso, Buenos Aires, Argentina: INPI (International Plant Nutrition Institute); [consultado 2017 Sep 22]. https://www.researchgate.net/publication/251813923_Requerimientos_nutricionales_Absorcion_y_extraccion_de_macronutrientes_y_nutrientes_secundario
- Cruz-Crespo E, Can-Chulim A, Sandoval-Villa M, Bugarín-Montoya R, Robles Bermúdez A, Juárez-López P. 2012. Sustratos en la horticultura. Xalisco, Nayarit, México. http://www.giiberries.org/images/historico/Agustin_Castrejon.pdf.

- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2012. Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria: Importancia de los fertilizantes nitrogenados; [consultado 2017 Ago 1]. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_septiembre_2012.pdf.
- DISAGRO. 2002. Manual de Fertilización. Guatemala. [Consultado 2017 oct 16]. <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. Acidificación del suelo. [Consultado 2017 oct 16]. <http://www.fao.org/3/b-i6467s.pdf>
- FHIA (Fundación hondureña de investigación agrícola). 2003. Producción de plántulas en el invernadero: Programa de Hortalizas. FHIA; [consultado 2017 Ago 1]. http://www.fhia.org.hn/downloads/hortalizas_pdfs/hojatecnica3prodinvernadero2001.pdf.
- Fisher P, Argo W. 2001. Managing the pH of container media. Ohio-USA:University of New Hampshire Cooperative extension; [consultado 2017 Sep 21]. <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
- 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, Velasquez M. 2011. Plántulas de invernadero: Serie: Producción orgánica de Hortalizas de clima templado. Honduras; [consultado 2017 Jul 7]. <https://docs.google.com/file/d/0B3bb-Pp228aLSGpkbVhYVG1SRUk/edit>
- Hernández M, Chailloux M, Moreno V, Ojeda A, Salgado J, Guerrero O. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertiriego para el cultivo protegido del tomate en suelo Ferralítico Rojo [consultado 2017 Oct 2]. <http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n5/v44n5a01.pdf>
- Hirzel J. 2009. Principios básicos de fertirrigación. Boletín INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria); [consultado 2017 oct 11]. <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36475.pdf>
- Imas P, Senior Agronomist, ICL fertilizers. s.f. El potasio: Elemento esencial para los cultivos que influye en el rendimiento y la calidad de las cosechas; [consultado 2017 Ago 31]. http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/El_potasio,_un_nutriente_esencial.pdf
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2010. Producción de plántulas de Chile en invernadero. Ciencia y tecnología para el campo; [consultado 2017 Jul 4]. [8http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/prcChileInv.pdf](http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/prcChileInv.pdf).

- López A, Espinosa J. 1995. Manual de nutrición y fertilidad del banano. Quito, Ecuador: IPNI (International Plant Nutrition Institute); [consultado 2017 Ago 15]. [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caef69705257a370058dad2/\\$FILE/Respuestabanano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caef69705257a370058dad2/$FILE/Respuestabanano.pdf).
- Marschner H. 2003. Mineral nutrition of higher plants. Segunda edición. London: Academic Press, 299 p.
- Oliverio M. 2014. Evaluación de cinco sustratos para la producción en vivero de palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose); [consultado 2017 Ago 15]. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/22/Tut-Maynor.pdf>
- Ortega A, Malavolta E. 2012. Los más recientes micronutrientes vegetales. IPNI (International Plant Nutrition Institute); [consultado 2017 Ago 1]. [http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/232B901BB70122F985257A80005228D7/\\$FILE/16.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/232B901BB70122F985257A80005228D7/$FILE/16.pdf)
- Perdómo C, Barbazán M. 1992. Nitrógeno: Área de suelos y aguas catedra de fertilidad. Montevideo Uruguay: Universidad de la Republica.; [consultado 2017 Ago 2]. <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>.
- PNA (Potassium Nitrate Association). s.f. Procesos de conversión del nitrógeno en el suelo; [consultado 2017 oct 15]. <http://www.kno3.org/es/product-features-a-benefits/nitrate-no3-versus-ammonium-nh4>
- Rodriguez E, Guzmán M. 2004. Características de los fertilizantes para su uso en la fertirrigación; [consultado 2017 oct 16]. https://www.researchgate.net/publication/257416472_CHARACTERISTICAS_DE_LOS_FERTILIZANTES_PARA_SU_USO_EN_LA_FERTIRRIGACION
- Sánchez J. 2000. Fertirrigación: principios, factores y aplicaciones. Apukai-Comex. Perú; [consultado 2017 Sep 15]. <http://www.fertilizando.com/articulos/FertirrigacionPrincipiosFactoresAplicaciones.pdf>
- Steward W. 2007. Informaciones Agronómicas. IPNI (International Plant Nutrition Institute); [consultado 2017 Jul 6]. [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/EFEA3465E9DC67A3852579A3006CAEC6/\\$FILE/Inf-Agro.%2067.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/EFEA3465E9DC67A3852579A3006CAEC6/$FILE/Inf-Agro.%2067.pdf)
- Verhulst N, Francois I, Grahmann K, Cox R, Govaerts B. 2015. Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada en la agricultura de conservación; [consultado 2017 Jul 6]. http://conservacion.cimmyt.org/es/component/docman/doc_view/1502eficiencia-del-uso-de-nitrogeno.

- Villar P, Peñuelas J. Cuadrado J. Gómez E. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada durante el cultivo en vivero sobre el desarrollo en campo de *Quercus coccifera* y *Q. faginea*; [consultado Sep 26]. <http://www3.uah.es/pedrovillar/PDF/CampoQuercus.pdf>
- Wigthman E. 1999. Good tree nursery practices. Primera edición. World Agroforestry Centre. Kenia; [consultado 2017 Jul 12]. http://www.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/PDFs/31_Good_tree_nurseries.pdf?n=74