

Salinidad del Suelo en la Producción de Túnel Alto

Rachel Rudolph,¹ Ryan Lark² y Krista Jacobsen³

Entendiendo la salinidad del suelo en túneles altos

Existe una creciente preocupación por el aumento de la salinidad en los suelos de túneles altos, que se mide como contenido de sales solubles. Las sales solubles no sólo se refieren al sodio (Na⁺), pero también a otros cationes del suelo, como el potasio (K⁺), calcio (Ca⁺) y magnesio (Mg⁺). Los aniones como el cloruro (Cl⁻) y el nitrato (NO₃⁻) se consideran sales también y a menudo se aplican junto con K, Ca o Na mediante fertilizantes como el nitrato de potasio (KNO₃), nitrato de calcio (CaNO₃) o el nitrato de sodio (NaNO₃), entre otros. Las sales solubles también podrían ser introducidas en enmiendas de suelos como los compostajes y el estiércol, los cuales pueden también cargar altos niveles de sales y fósforos (P). Cuando los fertilizantes y las enmiendas son añadidos al suelo en exceso de los nutrientes que se necesitan para la producción del cultivo, las plantas no los absorben correctamente. Esto puede dar lugar a que los nutrientes se filtren a través del perfil del suelo o se acumulen cerca de la superficie del suelo o en la zona de la raíz del cultivo.

Como los túneles altos suelen estar cubiertos con plástico durante todo el año, el agua de lluvia no puede afectar a los suelos como ocurre en un entorno de campo abierto. Esta falta de lluvia significa que hay mucho menos flujo de agua que empuja los nutrientes más profundamente a través del perfil del suelo. Aunque esto puede limitar la lixiviación de nutrientes en comparación con el campo abierto, este mismo proceso también significa que las sales no se mueven por debajo de la zona de en-



Foto por Maya Horvath

Figura 1. Plantas de tomate se cultivaron de Marzo a Agosto en un túnel alto con nitrato potásico aplicado semanalmente mediante irrigación por goteo. Después de retirar las plantas y la barrera de estera tejida para malezas, se observa sal en la superficie del suelo (flechas)

raizamiento en la medida en que lo hacen en el campo y pueden acumularse hasta niveles que crean desequilibrios de nutrientes e incluso pueden dañar el cultivo (Figura 1).

Análisis de salinidad de suelo en túneles altos

Existen una variedad de análisis de suelos disponibles a través de varios laboratorios de análisis del suelo (incluyendo el Laboratorio de Servicios Regulatorios de Análisis de Suelos de la Universidad de Kentucky) que pueden ayudarle a saber y comprender el nivel de salinidad del suelo en su túnel alto. Aunque las pruebas que se describen a continuación no forman parte

de un paquete de “pruebas rutinarias del suelo”, se recomiendan para suelos de túneles altos con el fin de conocer el contenido y la concentración de las diferentes sales en el suelo de un túnel alto,



¹Rachel Rudolph es Profesora Asistente de Extensión y Especialista en Extensión de Vegetales con el Departamento de Horticultura de la U. de Kentucky.

²Ryan Lark es un Investigador Analista con el Departamento de Horticultura de la U. de Kentucky.

³Krysta Jacobsen es Profesora Asistente con el Departamento de Horticultura de la U. de Kentucky.

Tabla 1. Lecturas e interpretación de conductividad eléctrica general (CE1:2) para sistemas de producción de hortalizas

Lectura de CE _{1:2} (mmhos/cm o dS/m)	Evaluación	Interpretación
0-0.40	Muy bajo	Niveles de nutrientes demasiado bajos para un crecimiento normal
0.41-0.80	Bajo	Adecuado para plántulas y plantas sensibles a sales
0.81-1.20	Normal	Gama estándar para la mayoría de cultivos de hortalizas establecidos; rango superior para cultivos sensibles a sales
1.21-1.60	Alto	Posible reducción de vigor y crecimiento, particularmente durante altas temperaturas
1.61-3.20	Muy alto	Posible daño visible por sales y crecimiento reducido, incluyendo quemaduras y marchitez de las hojas marginales
>3.20	Extremo	Daños visibles por sales en la mayoría de los cultivos de hortalizas

incluso antes de sospechar que pueda tener un problema de salinidad. Se recomienda solicitar un análisis de sales solubles en el formulario de análisis del suelo. Muchos laboratorios de pruebas, incluyendo el Laboratorio de Análisis de Suelos de los Servicios Regulatorios de la Universidad de Kentucky, miden las sales solubles midiendo la conductividad eléctrica (CE) (EC abreviación en inglés) de un extracto acuoso de una mezcla de 1 parte de suelo y 2 partes de agua. Esto se conoce como CE_{1:2}. Como el agua es mala conductora de la electricidad y los iones de sal disueltos son buenos conductores de la electricidad, la CE de un suelo es una representación de la cantidad de sales disueltas del suelo. Es importante anotar que los métodos de extracción para CE pueden variar según el tipo de suelo y el laboratorio que haga el análisis. Otros métodos para medir la CE del suelo implican diferentes cantidades de agua agregadas al suelo, lo que afectará la medición y la interpretación de los resultados. Aunque la CE es el método estándar para medir la salinidad del suelo para la mayoría de los laboratorios de pruebas en nuestra región, a veces se utilizan otros análisis, como el de sales solubles totales (SST), el cual mide la masa total de iones disueltos en agua y está en unidades de ppm. Las sales solubles totales se utilizan a menudo junto con la concentración de sodio para evaluar la salinidad (sodicidad) relacionada con el sodio. Los resultados de su análisis de suelo deben ir acompañados de interpretaciones y recomendaciones de especialistas. Una guía general para interpretar las lecturas de CE_{1:2} en sistemas de producción de hortalizas es la lista en la Tabla 1.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC; CEC sigla en inglés) también se ofrece como parte de las pruebas de suelos de los Servicios

Regulatorios de la Universidad de Kentucky. El CIC es la representación de los cationes contenidos en el suelo y la disponibilidad de nutrientes. Los suelos arcillosos tienen una CIC más alta en comparación con los suelos arenosos debido a la carga negativa natural de las partículas de arcilla. Un suelo con una CIC alta generalmente se considera beneficioso debido a la mayor capacidad del suelo para retener agua y nutrientes. Sin embargo, debido a que una CIC alta también significa que es menos probable que el suelo lixivie cationes, esto también puede contribuir a una mayor salinidad del suelo. Los valores típicos de CIC para suelos de diversas texturas se muestran en la Tabla 2. Los valores comunes de CIC para suelos de Kentucky son de 5 a 15 meq/100 g.

El porcentaje de saturación de bases (SB; BS abreviación en inglés) es la porción de CIC ocupada por los cationes básicos Ca²⁺, Mg²⁺ y K⁺, en contraste con los cationes ácidos, como el H⁺ y Al³⁺ (Sonon et al., 2017). Este valor es importante para entender la fertilidad del suelo. Los suelos con altos porcentajes indican un pH mayor (más básico) y por tanto tienen más efecto de búfer contra los cationes ácidos, los cuales pueden ser tóxicos para el crecimiento de las

Tabla 2. Valores comunes de CIC (CEC sigla en inglés) para diversas texturas de suelo

Textura del suelo	Lectura de CIC (meq/100g o cmol/kg)	Evaluación
Arena	1-5	CIC baja
Franco arenoso fino	5-10	CIC media
Franco y franco limoso	5-15	CIC media-alta
Franco arcilloso	15-30	CIC alta
Arcilla	>30	CIC alta

Adaptado de La Capacidad de Intercambio Catiónico y Saturación de Bases, Circular 1040 de Extensión de la Universidad de Georgia.

plantas. Dependiendo del suelo, el porcentaje SB puede ser una fracción o casi igual que el CIC.

No todos los laboratorios de pruebas de suelo usan el mismo método para determinar el CIC y la saturación de bases. El Laboratorio de Servicios Regulatorios de la U. de KY provee un valor de CIC y saturación de bases en todos los reportes que hacen en pruebas de rutina de nutrientes y pH. Un análisis directo del CIC del suelo se puede pedir sin costo adicional. Para más información de las pruebas de suelos que se ofrecen y los métodos usados por el Laboratorio de Servicios Regulatorios de la U. de KY, visite <https://www.rs.uky.edu/soil/>

El agua de irrigación también puede naturalmente tener sales, como Ca, Mg, y Na que podrían también contribuir a incrementos en la salinidad del suelo. Es importante para los agricultores estar informados de cuáles elementos hay en el agua que usan para irrigación de sus cultivos y cómo esas aguas pueden afectar al suelo (y a los cultivos). Los agricultores pueden enviar una muestra de agua para ser analizada



Foto por Timothy Coolong

Figura 2. Plantas de tomate en primer plano se cultivaron en un suelo con aproximadamente 700 libras de Na por acre. Las plantas de tomate en el fondo crecieron en un suelo con 50 a 80 libras de Na por acre.

en el Laboratorio de Servicios Regulatorios de la U. de Kentucky a través del Sistema de Extensión Cooperativo, o a través de laboratorios privados. Para más información en cómo enviar una muestra de agua, favor referirse a UK-Ag Extension publication HO-111.

Tabla 3. Sensibilidad a la salinidad en algunos cultivos de hortalizas

Cultivo de hortaliza	Umbral de salinidad de suelo (EC _e) sin pérdida de rendimiento (mmhos/cm)	Clasificación de sensibilidad a la salinidad
Frijol	1	Sensible
Remolacha	4	Moderadamente tolerante
Brócoli	2.8	Moderadamente tolerante
Repollo	1.8	Moderadamente sensible
Zanahoria	1	Sensible
Pepino	2.5	Moderadamente sensible
Lechuga	1.3	Moderadamente sensible
Cebolla	1.2	Sensible
Pimentón	1.5	Moderadamente sensible
Batata	1.5	Moderadamente sensible
Papa	1.7	Moderadamente sensible
Rábano	1.2	Sensible
Espinaca	2	Moderadamente sensible
Calabacín de verano	3.2	Moderadamente tolerante
Fresa	1	Sensible
Tomate	2.5	Moderadamente sensible
Calabacín zucchini	4.7	Moderadamente tolerante

Adaptado de Fertilidad del Suelo y Fertilizantes: Una Introducción al Manejo de Nutrientes, 7a edición y Manual de Knott's para Productores de Hortalizas, 5a edición. 5th edition.

Efectos de salinidad del suelo en plantas

Ciertas plantas son más sensibles a la salinidad del suelo que otras (ver Tabla 3). Las plantas sensibles exhibirán quemaduras en las puntas de las hojas y amarillamiento. El margen de las hojas podría también parecer quemado. Sin embargo, estos síntomas también podrían deberse a otros desequilibrios de nutrientes o a quemado por fertilizantes. Se recomienda un análisis de tejido foliar para confirmar el problema. Los cultivos que son muy sensibles a las sales pueden sufrir graves reducciones de rendimiento. Las plantas también pueden mostrar un crecimiento reducido que podría resultar en plantas más cortas y pequeñas, o con menos hojas (Figura 2).

Prevención y remediación de salinidad en túneles altos

Prevenir la acumulación de sales solubles es importante para evitar pérdidas en producción y problemas de calidad de suelo. Medidas de prevención estrictas podrían también disminuir considerablemente la necesidad de mitigar niveles altos de sales en el futuro. Los productores pueden minimizar la introducción de sal soluble al suelo limitando la cantidad de abono, estiércol y fertilizantes a base de nitrógeno aplicados al suelo. Los agricultores solo deben aplicar lo que sea necesario para el cultivo y cuando los nutrientes sean necesarios. Esto puede significar reducir los insumos de fertilizantes y dividir las aplicaciones a lo largo de la temporada de crecimiento. Las pruebas constantes del suelo serán útiles para saber cuánto, y si corresponde, nutrientes adicionales se necesitan para enmendar el suelo. Para recomendaciones sobre la cantidad de fertilizante a aplicar y cuando dividir las aplicaciones, consulte la Guía de Vegetales para Productores Comerciales ID-36.

El cultivo cobertura dentro de túneles altos es también una estrategia que podría prevenir la acumu-

Tabla 4. Volumen de agua requerido para liviajar sales a través del perfil del suelo

Volumen de agua	Porcentaje de sales lixiviadas por debajo de 30 cm (12")
15 cm	50%
30 cm	80%
60 cm	90%

Cortesía de la Asociación de Fertilizantes de California, Western Fertilizer Handbook, 8ª edición.



Foto por Ryan Lark

Figura 3. Suelo de túnel alto antes de aplicar 15 y 30 cm de agua usando un rociador de micro-chorro de 180. La foto fue tomada antes de aplicar cualquier riego.

lación de sales solubles. Los cultivos de cobertura de pasto ayudarán a capturar los nutrientes disponibles en el suelo, pueden ayudar a mantener o aumentar los niveles de materia orgánica en el suelo, y también pueden ayudar a los agricultores a reducir el compostaje u otras adiciones de materia orgánica al suelo. Los cultivos de cobertura de leguminosas ‘fijan’ el nitrógeno atmosférico (N₂) a través de una asociación simbiótica con microbios en sus raíces y pueden proporcionar una porción significativa de la demanda de N para el siguiente cultivo. Sin embargo, cabe señalar que la fijación de N se reduce significativamente si los niveles de nitrógeno en el suelo ya son altos, como en muchos túneles altos. En este caso, un cultivo de cobertura herbáceo, como el cereal de centeno o mijo, puede ser más adecuado para la rotación. Las tasas de siembra recomendadas generalmente y las fechas de siembra para muchos cultivos de cobertura se pueden encontrar en la Guía de Campo de Cultivos de Cobertura del Medio Oeste: <https://ag.purdue.edu/departments/agry/agry-extension/dtc/>. Para obtener una copia de esta guía de campo (en inglés) y pautas más específicas a nivel regional, comuníquese con el agente de extensión de su condado.

El manejo del agua es la principal forma de reducir la salinidad del suelo. El riego por aspersion del suelo desnudo (cuando los cultivos no están creciendo) puede ayudar a lixiviar (filtrar) las sales lo suficiente a través del perfil del suelo como para que no afecten el cultivo futuro y puede ser potencialmente eficaz en suelos con buena estructura y drenaje. Sin embargo, se requiere una cantidad considerable de agua para lix-

iviar las sales.

Investigaciones anteriores indican que se necesitan aproximadamente 15 cm (6 pulgadas) de agua para lixiviar las sales a través del perfil del suelo (Tabla 4). Sin embargo, un estudio piloto realizado en la Universidad de Kentucky reveló que esto puede no ser tan efectivo como se pensaba (Lark y Jacobsen, 2021). El estudio piloto se llevó a cabo en un suelo franco limoso de Maury en Lexington, KY y se evaluó la lixiviación usando diferentes volúmenes de agua aplicados mediante aspersores de micro-chorro (Figura 3). La conclusión del estudio fue que 15 cm de agua no lixivaban una cantidad estadísticamente significativa de potasio o magnesio del suelo. Sin embargo, la aplicación de 30 cm (12 pulgadas) de agua lixivió aproximadamente 60 lb K/acre y 95 lb. de Mg/acre, aunque esto fue mucho menos que el 80% estimado anteriormente.

Otra opción para lixiviar sales puede ser aprovechar la temporada de lluvias. Cuando llega el momento de reemplazar las capas de plástico en un túnel alto (generalmente cada cuatro o cinco años), puede ser útil dejar el túnel alto al descubierto durante varios meses (generalmente durante el invierno) para permitir que la precipitación filtre naturalmente las sales a través del suelo y fuera de la zona de la raíz. Entre los meses de Noviembre y Febrero, la mayoría de las regiones de Kentucky históricamente han recibido aproximadamente 15 pulgadas de lluvia, lo que sería un volumen de agua suficiente para lixiviar la mayoría de las sales más allá de la zona de las raíces de los cultivos de hortalizas.

Resumen

La prevención de la salinidad del suelo mediante análisis regulares del suelo y aplicaciones bien informadas de fertilizantes en su suelo le ayudarán a prepararse para una producción exitosa en el futuro en su túnel

alto. El uso de cultivos de cobertura en lugar de estiércol o compost también ayudará a prevenir la salinidad del suelo. Sin embargo, la acumulación de sales en el suelo es posible incluso con un control cuidadoso del suelo. Es por eso que permitir que la lluvia o el riego intenso empujen las sales más allá de la zona de las raíces también será un aspecto importante de la prevención de la salinidad del suelo.

Si la sal ya se ha acumulado en el suelo y la prevención no es posible, existen estrategias para remediarlo. Dejar el túnel alto al descubierto durante los meses de invierno para permitir que las sales se filtren más allá de la zona de las raíces es un método de remediación asequible y relativamente fácil. Debido a que dejará de producir el túnel alto, puede no ser posible para todos los agricultores. Mover físicamente el túnel alto a otro lugar de su granja también puede ser una opción.

Referencias

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 2005. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. 7th ed. Pearson, Boston, MA.

Lark, R. and K. Jacobsen. 2021. Evaluating Salt Leaching Strategies for High Tunnel Soils. KY Coop. Ext. Serv. PR-798, 35-38.

Maynard, D.N. and G.J. Hochmuth. 2007. Knott's Handbook for Vegetable Growers. 5th ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, N.J.

Sonon, L.S., D. Kissel, and U. Saha. 2017. Cation Exchange Capacity and Base Saturation. University

Suggested Citation:

Rudolph, R., R. Lark, and K. Jacobsen. (2022). *Salinidad del Suelo en la Producción de Túnel Alto*. CCD-FS-24S. Lexington, KY: Center for Crop Diversification, University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment. Available: <http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu/ccd/files/soilsalinity.pdf>

Revisado por Frank Sikora, Director de los Servicios Regulatorios de la U. de KY, Josh McGrath, Profesor Asociado del Departamento de Suelos y Plantas de la U. de KY, y Hanna Poffenbarger, Profesora Asociada del Departamento de Suelos y Plantas de la U. de KY. Fotos cortesía de Maya Horvath, estudiante de Horticultura de la U. de KY (Pg. 1), Timothy Coolong, Profesor de Horticultura de la U. de Georgia (Pg. 3), y Ryan Lark, Investigador Analista en Horticultura de la U. de KY (Pg. 4) Traducido al español por Natalia Martínez-Ochoa, Fitopatóloga del Departamento de Plantas y Suelos de la U. de Kentucky.

Enero 2024

Para información adicional, contacte al agente de Extensión de su Condado

Los programas educacionales del Servicio de Extensión Cooperativo de Kentucky sirven a todas las personas independientemente de su situación económica o social y no discriminará por motivos de raza, color, origen étnico, nacionalidad, credo, religión, creencias políticas, sexo, orientación sexual, identidad de género, expresión de género, embarazo, estado civil, información genética, edad, condición de veterano o discapacidad física o mental.