



CONSEJOS SOBRE LA SEQUÍA

Calidad del agua para cultivos de verduras y en línea

Introducción

La salinidad puede tener un impacto perjudicial en los cultivos de riego en muchas áreas de California, y con frecuencia este problema se agudiza bajo condiciones de sequía. No obstante que todos los suelos y el agua de riego contienen sales disueltas, estas sales varían tanto en concentración y composición dependiendo de su localización. Estas sales están disueltas en el agua de riego y la tierra que rodea a las raíces de los cultivos, formando iones como el sodio (Na^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}) y bicarbonato (HCO_3^-). Otros iones también existen pero en menores concentraciones. A un suelo no se le considera salino a menos que la concentración de sales en la zona de las raíces sea lo suficientemente alta para reducir el crecimiento de los cultivos y producción. Los cultivos de verduras y en línea cuentan con variados grados de tolerancia a la salinidad del suelo. Y la salinidad del suelo es influenciada por la salinidad del agua de riego y las prácticas administrativas.

En el campo, las verduras y cultivos en línea que son escasamente afectadas por la salinidad podrían no mostrarlo visualmente y su producción ser negativamente impactada. Mientras se incrementa la salinidad, el follaje podría adquirir una apariencia ondulada o dispareja, como el estrés causado por la sal se hace más prevalente en algunas partes del campo y menos en otras. En áreas severamente impactadas, podrían aparecer puntos infértiles con depósitos blancos de sal en la superficie. Alrededor de los puntos infértiles podrían crecer plantas severamente atrofiadas con un follaje de color azul verdoso oscuro, con apariencia de quemaduras en los márgenes de las hojas más viejas.

STEPHEN R. GRATTAN,
especialista en
plantas y agua de
Extensión Cooperativa
de la Universidad de
California en Davis

La salinidad del agua de riego y la solución del suelo son expresadas en conductividad eléctrica (EC, por sus siglas en inglés), y la unidad internacionalmente aceptada para el EC es deciSiemens por metro (dS/m). (Esta unidad equivale a millimhos por centímetro [mmhos/cm], el cual equivale a 1,000 micromhos por centímetro [μ mhos/cm]). Debido a que las sales disueltas forman iones en la solución, la solución conduce una corriente eléctrica. En el nivel en el que la salinidad empieza a tener un impacto en la mayoría de las verduras y cultivos en línea, el EC es directamente proporcional a la concentración de sales. La salinidad del agua de riego es expresada como EC_w . La salinidad del suelo es expresada ya sea como EC o agua de suelo (EC_{sw}) o EC extracto de suelo saturado (EC_e). El término de la letra es el que se usa para caracterizar la tolerancia a la sal entre los cultivos y la relativa reducción en la producción con la creciente salinidad.

La salinidad de la zona de raíces (EC_e), el parámetro usado para expresar el potencial de producción de un cultivo en particular, se incrementa cuando la fracción de filtración (la fracción de agua de riego que se aplica al cultivo y que se drena por debajo de la zona de raíces) se reduce con cierta salinidad del agua de riego (EC_w). A largo plazo, incrementar la fracción de filtración (LF) cuando se usa agua salina puede resultar en el mismo EC_e que cuando se usa agua de riego con baja salinidad con un LF más bajo. Durante condiciones de sequía, o sea, cuando solo está disponible agua con un alto nivel de salinidad, se debe aplicar más agua para incrementar el LF y reducir el EC_e de la zona de raíces, lo cual aminora los efectos de la salinidad en el crecimiento del cultivo. A largo plazo y sin una cantidad significativa de lluvia, un buen cálculo de la relación entre agua de riego (EC_w) y la salinidad de la zona de raíces (EC_e) es que EC_e equivale a un 1.5 EC_w . Esta relación asume que la fracción de filtración se mantiene entre 15 y 20 por ciento y es la suposición usada en esta publicación para calcular el potencial productivo para varias verduras y cultivos en línea, tomando como base la salinidad del agua de riego.

A diferencia de los cultivos de árboles y enredaderas, las verduras y cultivos en línea no son particularmente sensibles a daño

causado por el sodio (Na^+) y cloruro (Cl^-), aun cuando estos pueden ser los iones dominantes que incrementan la salinidad en general en el agua. Por lo tanto, las siguientes pautas son basadas en la salinidad del agua o agua del suelo, como lo mide EC.

Pautas sobre la calidad del agua

La salinidad máxima del agua de riego (EC_w) que puede ser usada para lograr un potencial variable de producción para verduras y cultivos en línea la puede encontrar en la tabla 1. Por ejemplo, los valores de la EC_w al 100 por ciento de productividad representan el agua de la peor calidad que, si se usa continuamente, producirá niveles de EC_e iguales al límite de salinidad (la salinidad máxima que un cultivo en particular puede tolerar y con la cual la productividad se reduce). Estas pautas asumen que los suelos están bien drenados y que un 15 a 20 por ciento del factor de filtración se logra a largo plazo. Y se asume que la planta no se encuentra bajo ningún otro tipo de estrés, ni biótico (enfermedad de las raíces, presión de un insecto o infestación de malezas) o abiótico (estrés por falta de agua, saturación de agua, desequilibrio nutricional, etc.) y que solo es el estrés causado por la salinidad lo que está causando la reducción de los niveles de producción.

El uso de agua a corto comparado con el de largo plazo

La directriz provista aquí se basa en el uso a largo plazo en cuanto a la calidad del agua y no incluye el agua de lluvia u otras fuentes de agua que pueden ser usadas para filtrar la sal de la zona de raíces. Típicamente, el agua de poca calidad puede ser usada durante un corto plazo sin causar una baja en la producción.

Si el perfil del suelo tiene una salinidad baja al inicio de la temporada, lo cual puede ocurrir después de una temporada lluviosa o un riego adecuado antes de plantar con agua baja en salinidad, un agua alta en salinidad puede ser usada durante un corto plazo sin que haya efectos adversos. Por ejemplo, el agua salina que reduciría el potencial de producción en un 25 a 50 por ciento si se usa continuamente durante un largo plazo puede ser usada para irrigar el cultivo después de que este ha sido establecido

Tabla 1. Niveles de tolerancia a la sal de varios cultivos

Cultivo	% de potencial productivo*				Nivel de tolerancia [†]	
	100	90	75	50	Salinidad	Boro
	EC del agua de riego (dS/m)					
acelga	4.7	5.8	7.6	10.5	T	—
ajo	2.6	3.1	3.8	4.9	MS	T
alcachofas	4.1	4.6	5.5	7.0	MT	MT
alfalfa	1.3	2.2	3.6	5.9	MS	T
algodón	5.1	6.4	8.4	12.0	T	VT
apio	1.2	2.3	3.9	6.6	MS	VT
arroz	1.9	2.6	3.4	4.8	S	—
berenjena	0.7	1.7	3.1	5.6	MS	—
betabel o remolacha	4.7	5.8	7.5	10.0	T	T
betabel rojo	2.7	3.4	4.5	6.4	MT	T
brócoli	1.9	2.6	3.7	5.5	MS	MS
calabaza (pumpkin)	—	—	—	—	MS	—
calabaza (scallop)	2.1	2.6	3.2	4.2	MS	T
calabaza (zucchini)	3.1	3.8	4.9	6.7	MT	MT
camote	1.0	1.6	2.5	4.0	MS	S
caupi	3.3	3.8	4.7	6.0	MT	MT
cebada	5.3	6.7	8.7	12.0	T	MT
cebolla (bulbo)	0.8	1.2	1.8	2.9	S	VT
cebolla (semilla)	0.7	1.5	2.8	4.8	MS	—
chícharo	2.3	2.9	3.8	5.4	MS	MS
chile	1.0	1.5	2.2	3.4	MS	MS
chirivía	—	—	—	—	S	—
col de Bruselas	—	—	—	—	MS	—
coliflor	1.9	2.6	3.7	5.5	MS	MT
col rizada	—	—	—	—	MS	—
espárragos	2.7	6.1	11.1	19.4	T	VT
espinacas	1.3	2.2	3.5	5.7	MS	—

Cultivo	% de potencial productivo*				Nivel de tolerancia [†]	
	100	90	75	50	Salinidad	Boro
	EC del agua de riego (dS/m)					
fresas	0.7	0.9	1.2	1.7	S	S
frijol alado	—	—	—	—	MT	—
frijol común	0.7	1.0	1.5	2.4	S	S
frijol mung	1.2	1.5	2.0	2.8	S	S
habas	—	—	—	—	MT	S
hinojo	0.9	1.4	2.0	3.0	S	—
lechuga	0.9	1.4	2.1	3.4	MS	MS
maíz dulce	1.1	1.7	2.5	3.9	MS	MT
mandioca	—	—	—	—	MS	—
melón de amistle	0.7	1.5	2.7	4.6	MS	MT
nabo	0.6	1.3	2.5	4.3	MS	MT
nabo (hojas)	2.2	3.8	6.1	8.0	MT	—
papa	1.1	1.7	2.5	3.9	MS	MS
pepino	1.7	2.2	2.9	4.2	MS	MS
pera pigeon	—	—	—	—	S	—
quimbombó	—	—	—	—	MS	—
rábano	0.8	1.3	2.1	3.4	MS	—
repollo	1.2	1.9	2.9	4.6	M	MT
sandía	—	—	—	—	MS	—
tomate	1.7	2.3	3.4	5.0	MS	T
tomate cherry	1.1	1.9	3.0	4.8	MS	—
trigo	4.0	4.9	6.3	8.7	T	S
zanahoria	0.7	1.1	1.9	3.0	S	MS

CLAVE: S = sensible; MS = moderadamente sensible; MT = moderadamente tolerante; T = tolerante; VT = muy tolerante. En referencia a las concentraciones de boro en el agua del suelo, S = 0.5–1.0 mg/L; MS = 1.0–2.0 mg/L; MT = 2.0–4.0 mg/L; T = 4.0–6.0 mg/L; y VT = > 6.0 mg/L.

Raya (—) = información no disponible.

Fuente: Maas and Grattan 1999; Grieve et al. 2012.

*Basado en información presentado en Grieve et al. 2012.

†Estos valores sirven solo como una guía sobre la tolerancia relativa entre los cultivos.

Las tolerancias absolutas varían, dependiendo del clima, condiciones del suelo y prácticas culturales.

con agua de baja salinidad. En muchos casos, un cultivo puede ser irrigado con esta agua de alta salinidad durante la mitad o dos terceras partes de la temporada. Sin embargo, esta estrategia no funciona para años consecutivos, pues la salinidad en la zona de las raíces se mantiene en niveles altos después de la primera temporada. Para tener éxito, se necesita de una lluvia adecuada o de la filtración antes de plantar previo al cultivo subsecuente. Si el agua salina que se aplica también es sódica (un alto porcentaje de absorción de sodio, SAR > 5), la aplicación de agua de lluvia o agua de buena calidad podría reducir la infiltración del agua en la tierra a no ser que se hayan hecho aplicaciones superficiales previas de *gypsum* o yeso.

Tolerancia al boro

Ciertos cultivos de verduras y en línea son sensibles al boro (vea la tabla 1). El boro puede acumularse en las plantas y causar daños específicos a los márgenes de las hojas más viejas (especies de boro inmóvil) o las puntas crecientes (especies de boro móvil). A diferencia de las plantas de boro inmóvil, las plantas que son de boro móvil pueden tomar el boro de las hojas y translocalizarlo a las puntas crecientes. Generalmente, el daño en las hojas necesita ser severo para causar una pérdida sustancial en la producción, pero el daño a las puntas crecientes puede ser más perjudicial. Los cultivos de la tabla 1 han sido calificados como sensibles (S), moderadamente sensibles (MS), moderadamente tolerantes (MT), tolerantes (T) y muy tolerantes (VT) al boro, pero la clasificación no refleja necesariamente la movilidad del boro en la planta. Las concentraciones máximas de boro permitidas en el agua de suelo que los cultivos pueden tolerar sin reducir su producción para estas categorías son 0.5–1.0 mg/L (S); 1.0–2.0 mg/L (MS); 2.0–4.0 mg/L (MT); 4.0–6.0 mg/L (T); y > 6.0 mg/L (VT). Las plantas pueden tolerar niveles más altos de boro donde prevalecen condiciones climáticas frías y húmedas. Similar al caso de la salinidad, las plantas pueden tolerar periodos a corto plazo de agua de riego con altos niveles de boro en comparación con un uso continuo a largo plazo de agua con concentraciones bajas de boro. La textura del

suelo influye en el tiempo que se requiere para que se produzca daño. Entre más fina es la textura del suelo, más tiempo se toma para producirse el daño, porque los suelos con una textura más fina pueden absorber más boro. Pero el boro es más difícil de filtrar en la tierra que las sales. Se requiere de más agua para filtrar el boro en suelos de textura fina que en los de textura gruesa.

Monitoreo y manejo

Es importante, durante los años de sequía, no imponer un estrés por falta de agua a las plantas (falta de riego) cuando ya existe un estrés por salinidad. La combinación de estos tipos del estrés puede ser devastador para un cultivo. En su lugar es importante monitorear un posible incremento de salinidad y boro en la tierra que rodea la zona de las raíces para asegurarse que no se aproximan a niveles críticos. (Use la tabla en esta publicación para determinar el nivel crítico). Si la salinidad en la zona de raíces se aproxima a niveles críticos, requerirá de más agua de riego para filtrar las sales de la zona de raíces. Para más información, vea la publicación 8550 de UC ANR, *Consejos sobre la sequía: El manejo de las sales por medio de la filtración* (Cahn and Bali 2015). El mejor tiempo para filtrar las sales es típicamente durante la temporada de invierno, cuando la demanda evaporativa es casi de cero.

Resumen

- Los cultivos de verduras y en línea tienen variados grados de tolerancia a la salinidad y boro.
- Muchos cultivos pueden ser irrigados con agua que tenga un EC_w de 2 dS/m y boro de 2 mg/L y mantener un 90 por ciento de su producción.
- Los cultivos pueden ser irrigados a corto plazo o en climas fríos y húmedos con agua de menos calidad de lo que indican las pautas sin incurrir en la reducción de la producción.

Referencias

- Cahn, M., and K. Bali. 2015. Drought tip: Managing salts by leaching. Oakland: University of California Agriculture and Natural Resources Publication 8550. UC ANR catalog website, <http://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8550.pdf>.
- Grieve, C. M., S. R. Grattan, and E. V. Maas. 2012. Plant salt tolerance. In W. W. Wallender and K. K. Tanji, eds., *Agricultural salinity assessment and management*. 2nd ed. Reston, VA: American Society of Civil Engineers. 405–459.

- Hanson, B. R., S. R. Grattan, and A. Fulton. 2006. *Agricultural salinity and drainage*. Rev. ed. Oakland: University of California Agriculture and Natural Resources Publication 3375.
- Maas, E. V., and S. R. Grattan. 1999. Crop yields as affected by salinity. In R. W. Skaggs and J. van Schilfhaarde, eds., *Agricultural drainage*. Agronomy Monograph 38. Madison, WI: American Society of Agronomy. 55–108.



Esta publicación fue escrita y producida por la División de Agricultura y Recursos Naturales (ANR, por sus siglas en inglés) de la Universidad de California bajo un acuerdo con el Departamento de Recursos del Agua de California (Department of Water Resources).

Para más información sobre las publicaciones y otros productos de ANR, visite el catálogo en línea de ANR Communication Services en anrcatalog.ucanr.edu/ o llame al 1-800-994-8849. También puede pedir las por correo electrónico o solicitar un catálogo impreso de nuestros productos escribiendo a

University of California
Agriculture and Natural Resources
Communication Services
2801 Second Street
Davis, CA 95618

Telephone: 1-800-994-8849
E-mail: anrcatalog@ucanr.edu

©2018 The Regents of the University of California. Este trabajo se publica bajo la Licencia Internacional Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0. Para una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> o envíe una carta a Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Publicación 8595

ISBN-13: 978-1-62711-017-4

Traducción por Leticia Garcia-Irigoyen.

Esta publicación es una traducción de *Drought Tip: Water Quality Guidelines for Vegetable and Row Crops*, ANR Publication 8558, publicada en 2016.

La Universidad de California prohíbe la discriminación o el hostigamiento, contra cualquier empleado o persona que busque empleo en la Universidad de California, por razones

de raza, color, origen nacional, religión, sexo, identidad en función del género, embarazo (inclusive embarazo, parto y condiciones médicas relacionadas con el embarazo o el parto), incapacidad física o mental, estado de salud (casos de cáncer o de características genéticas), información genética (inclusive historial médico familiar), ascendencia, estado civil, edad, preferencia sexual, ciudadanía o por haber prestado servicio militar (según lo define la Ley de Derechos a Contratación y Recontratación de los Servicios Uniformados de 1994: servicio en el servicio militar incluye: membresía, solicitud de membresía, desempeño de servicio, solicitud de servicio u obligación de servicio en los servicios uniformados) o en cualquiera de sus programas o actividades.

La política de la Universidad también prohíbe represalias contra cualquier empleado o persona que busque empleo o cualquier persona que participe en sus programas y actividades y que haya presentado una queja por discriminación o acoso sexual según estas reglas. La política de la Universidad se propone concordar con las disposiciones de las leyes federales y estatales precedentes.

Las preguntas sobre la política antidiscriminatoria de la Universidad pueden dirigirse a: John Sims, Affirmative Action Contact y Title IX Officer, University of California Division of Agriculture and Natural Resources, 2801 Second Street, Davis, CA, 95618 (530-750-1397).

Email: jsims@ucanr.edu. Website: http://ucanr.edu/sites/anrstaff/Diversity/Affirmative_Action/.

Se puede encontrar una copia electrónica de esta publicación en el catálogo del sitio web de ANR Communication Services, anrcatalog.ucanr.edu/.



La exactitud técnica de esta publicación fue evaluada anónimamente por científicos y otros profesionales calificados de la Universidad de California. Este proceso de evaluación fue supervisado por Allan Fulton, editor asociado de ANR para Ciencias del Suelo, Aire y Agua.

web-3/18-LR/BG