



SALINIDADE DO SOLO EM AMBIENTE PROTEGIDO

SOIL SALINITY IN PROTECTED ENVIRONMENT

Leandro Cardoso de Azevedo¹
Alessandra Conceição de Oliveira²
Ingrid Caroline Santos Martins³
Valéria Lima da Silva^{4}*
Cleberson de Sousa Ribeiro¹

¹Engenheiro Agrônomo- Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT

²Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia, Professora Faculdade de Ciências Agrárias, Biológicas e Sociais Aplicadas - UNEMAT, Nova Xavantina / MT

³Turismóloga- Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT

⁴Engenheira Agrônoma, Mestranda em Desenvolvimento Rural Sustentável- Universidade Estadual de Goiás - UEG, GO. *e-mail: valeria.silva21@hotmail.com

Artigo
de Revisão

RESUMO

Por muito tempo, a exploração dos sistemas agrícolas em sua totalidade vem associado ao manejo inadequado dos agroecossistemas. Um dos problemas que afetam o processo de produção agrícola é a salinização do solo, pois elevados níveis de salinidade dificultam a absorção de água e nutrientes pelos vegetais convertendo-se em problemas de ordem nutricional, toxicológico, físico, químico, biológico e, em casos mais extremos, a salinidade do solo pode desencadear outro processo conhecido como desertificação, tornando o solo inapropriado para o cultivo. No ambiente protegido, o principal meio de adubação é a fertirrigação, cujas causas da salinidade são evidenciadas pelo uso excessivo de fertilizantes e pela má qualidade da água de irrigação que provém em sua maioria de poços com alto teor de cloreto de sódio (NaCl). Diferentemente do que ocorre em cultivos a campo, que há entrada de água, por meio da precipitação natural, a água que entra no ambiente protegido provém unicamente da irrigação, precipitação artificial, onde o método da irrigação localizada é utilizado pela maioria dos produtores. A salinização em ambiente protegido é independente das condições climáticas ou do tipo de solo empregado no cultivo, uma vez que ocorre um aumento da condutividade elétrica da solução do solo aliada a altas doses de adubos que proporcionam o acúmulo de sais na superfície. O presente trabalho teve como objetivo abordar por meio de uma revisão de literatura, os principais fatores que promovem o processo de salinização do solo em ambiente protegido.

Palavra-chave: Condutividade elétrica; Excesso de sais; Solo salino.

ABSTRACT

For a long time, the exploration of agricultural systems in their entirety comes associated with the inadequate management of agroecosystems. One of the problems that affect the process of agricultural production is the soil salinization, because high levels of salinity hinder the water and nutrients absorption by vegetables, becoming nutritional, toxicological, physical, chemical, biological problems and in more extreme cases, soil salinity can trigger another process known as desertification, making the soil unsuitable for cultivation. In the protected environment the main means of fertilization is the fertigation, whose salinity causes are evidenced by the excessive use of fertilizers and by the poor quality of irrigation water that comes mostly from wells with high sodium chloride (NaCl) content. Contrary to what happens in field

crops, where there is input of water through natural precipitation, water entering the protected environment comes solely from irrigation, artificial precipitation, where the irrigation method is located and used by most producers. The salinization in protected environment is independent of the climatic conditions or the type of soil used in the cultivation, once there is an increase in the electrical conductivity of the soil solution with high doses of fertilizers that provide the accumulation of salts on the surface. The present study had as objective to approach through a literature review, the main factors that promote the process of soil salinization in a protected environment.

Key Words: Electrical conductivity; Excess salts; Saline soil.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo em ambientes protegidos teve início na década de 60, mas foi a partir do fim dos anos 80 que passou a ser altamente utilizado, principalmente, para o cultivo de hortaliças (GRANDE et al., 2003). Devido à melhor qualidade dos produtos e ao menor risco de perdas influenciadas pelos fatores ambientais adversos, o cultivo de hortaliças, em ambiente protegido, tem crescido nos últimos anos, entre as culturas mais plantadas encontra-se: pimentão, tomate, alface, entre outros (FOLEGATTI; BLANCO, 2000).

O cultivo protegido é caracterizado por uma estrutura, que tem como função proteger as plantas contra fatores meteorológicos, permitindo o controle das condições internas como: temperatura, umidade do ar, precipitação e vento, mas que permite a passagem de luz necessária para a fotossíntese. O uso deste método facilita o cultivo de doenças fitopatogênicas (PURQUERIO; TIVELLI, 2016).

Sobre ambiente protegido no Brasil, o tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) está entre as principais hortaliças cultivadas nesse sistema, onde é bastante comum o acúmulo de sais no solo, em virtude das altas doses de fertilizante aplicados e à falta de lixiviação dos sais acumulados após um cultivo e a utilização de água de poços de má qualidade (BLANCO; FOLEGATTI; HENRIQUES NETO, 2008).

A salinidade do solo é provocada pelo uso indevido de sais fertilizantes altamente solúveis, que são facilmente transportados na água,

causando danos bem mais severos ao solo e às plantas, principalmente se combinada com fatores, como a concentração dos sais e suas interações na relação água-solo-planta (MEDEIROS et al., 2011). O acúmulo de sais na superfície e no perfil do solo, em áreas irrigadas, é um fenômeno influenciado por vários fatores e condições. Como resultado da evapotranspiração, os sais dissolvidos na água de irrigação concentram-se na solução do solo (LIMA, 1998).

O manejo pouco eficiente dos fatores de produção, aliado ao desconhecimento da fisiologia dos vegetais em ambientes protegidos, pode resultar em acúmulo de sais no solo ou, ainda, nas fontes de abastecimento de água (QUEIROZ; TESTEZLAF; MATSURA, 2009). O acúmulo de sais no solo é bastante comum em virtude, principalmente, das altas doses de fertilizantes aplicadas e à falta de lixiviação dos sais acumulados após sucessivos cultivos em ambiente protegido (KAWAKAMI et al., 2005; BLANCO; FOLEGATTI; HENRIQUES NETO, 2008).

Na presença de sais, a solução do solo aumenta as forças de retenção por seu efeito osmótico, causando a magnitude do problema de escassez de água na planta. O aumento da pressão osmótica (PO), causado pelo excesso de sais solúveis, poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar essa PO e, em consequência, a planta não irá absorver água, mesmo de um solo aparentemente úmido (seca fisiológica), dependendo do grau de salinidade, a planta, em vez de absorver, poderá até perder a água que se

encontra no seu interior. Essa ação é denominada plasmólise e ocorre quando uma solução altamente concentrada é posta em contato com a célula vegetal. O fenômeno é devido ao movimento da água, que passa das células para a solução mais concentrada (DIAS; BLANCO, 2010).

Os efeitos da salinização causados no solo provocam a diminuição da fertilidade físico-química, desestruturação, aumento da densidade aparente e da retenção de água do solo, redução da infiltração de água pelo excesso de íons sódicos (DIAS; BLANCO, 2010). Determinados processos dentro da planta são afetados durante o efeito da salinidade, entre esses processos podem ser citados a síntese de proteína, metabolismo de lipídios e fotossíntese, a redução da expansão da superfície foliar é uma das respostas iniciais, vindo posteriormente uma intensificação desse estresse (ESTEVES; SUZUKI, 2008).

O comportamento das plantas e sua necessidade nutricional em ambiente protegido é diferente daquele que ocorre com as plantas cultivadas em condições de campo, apesar disso, as mesmas doses de fertilizantes são indicadas para os dois sistemas de cultivo (SILVA et al., 2001). A salinização do solo afeta o desenvolvimento vegetativo das culturas, a germinação, a densidade, e reduz suas produtividades, e nos casos mais severos, leva as plantas à morte (BERNARDO, 2016).

O presente trabalho teve como objetivo abordar por meio de uma revisão de literatura, os principais fatores que promovem o processo de salinização do solo em ambiente protegido

REVISÃO DE LITERATURA

Cultivo em ambiente protegido

Nos últimos anos, em função do intenso crescimento populacional, a demanda por alimentos aumentou e, conseqüentemente, também houve um aumento no consumo de

vegetais. Dessa forma, esse fator pode ser associado à tendência de mudança de hábito do consumidor por uma melhor qualidade de vida tornando-se inevitável a necessidade de se aumentar a produção de alimentos (MONTEIRO FILHO et al., 2017).

O cultivo em ambiente protegido tem sido visto como uma das alternativas viáveis para favorecer o aumento da produtividade de olerícolas, além de evitar danos causados aos vegetais relacionados aos fatores climáticos, como chuvas, granizos e geadas, reduz de forma significativa a ocorrência de pragas e permite o uso racional dos recursos hídricos, resultando em uma economia de 50% dos mesmos, através da técnica de irrigação por produção unitária (DIAS, 2004). Dentre os modelos existentes de ambientes protegidos, os formatos mais encontrados são ripados, estufas e telados (BEZERRA, 2003).

No ano de 2010, a China destacou-se por ser um dos principais países a apresentar a maior área de cultivos protegidos no mundo, com aproximadamente 3,3 milhões de hectares com estufas, sendo que a produtividade de hortaliças, neste país, através dos ambientes protegidos, representa o dobro da produção realizada em campo aberto (SILVA et al., 2017). No Brasil, o cultivo em ambiente protegido possui uma área inferior aos demais países que lideram o ranking mundial, mas, quando comparado a outros países da América do Sul, ocupa a posição de primeiro lugar em termos de produção. No ano de 1995, o Brasil possuía uma área de 1000 ha de estufas, que eram destinadas ao cultivo de hortaliças de diversas espécies e plantas ornamentais, no meio científico esse número foi de 40 ha sendo 37,81 % de plástico (polietileno), 35,29% de casas de vidro e 21,84% do tipo guarda-chuva (OLIVEIRA, 1995; BELTRÃO et al., 2002).

Segundo Silva (2014), o Brasil apresentava 22 mil ha de cultivos protegidos na forma de estufas e túneis. Na literatura, há trabalhos com resultados satisfatórios em relação ao ambiente protegido. Por exemplo, Purqueiro et al. (2007),

analisando parâmetros como adubação nitrogenada em cobertura e o espaçamento entre plantas na cultura da rúcula, cultivadas dentro e fora de ambiente protegido, observaram que as plantas submetidas ao cultivo de verão dentro do ambiente protegido apresentaram melhores condições de crescimento, produtividade e qualidade das folhas, colocando em evidência a relevância de se utilizar esse ambiente.

Segovia et al. (1997), comparando três cultivares de alface mantidas sob condições de inverno em Santa Maria - RS, tanto em uma estufa quanto fora da mesma, constataram que as plantas que eram mantidas no interior da estufa possuíam maiores índices de área foliar, massa fresca da parte aérea, massa seca das folhas, do caule e do sistema radicular. Dados semelhantes foram encontrados por Purqueiro et al. (2007), evidenciando que o ambiente protegido possibilita melhor qualidade e uma produção mais precoce quando comparado ao cultivo tradicional.

Devido à redução da radiação solar e a ação dos ventos em ambiente protegido, a evapotranspiração nesses ambientes se torna reduzida em relação à detectada externamente. Um dos fatores que podem ser influenciados diretamente pela evapotranspiração é a umidade relativa do ar, nos ambientes protegidos durante o período diurno a umidade relativa do ar diminui e já no noturno se eleva podendo chegar a 100%, dependendo da região (GOTO, 1998).

Embora diversas pesquisas tenham sido conduzidas para o controle da salinidade do solo em ambiente protegido (ELOI et al., 2007; MEDEIROS et al., 2012), nenhuma das mesmas propuseram a recomendação de uma cultura que pudesse servir de alternativa para atuar em conjunto com o monitoramento da salinidade do solo, enquanto os níveis de sais se encontravam impróprios para instalação de plantas sensíveis a salinidade.

Manejo de irrigação

Segundo a FAO (2006), a produtividade obtida pelos sistemas de irrigação é três vezes maior em relação às áreas de sequeiro. A agricultura é um dos setores que mais consome água, estima-se que 70% de todo o volume captado são destinados à atividade da irrigação. A irrigação é um recurso tecnológico fundamental para a produção de alimentos em maior escala, tal tecnologia permite calcular o consumo de água necessário requerido pelos vegetais, suprimindo as demandas hídricas em casos de escassez da chuva (FERREIRA, 2001).

As seguintes etapas devem ser consideradas para realização de um projeto de irrigação (MAROUELLI et al., 2012):

- Dimensionamento hidráulico para atender a demanda e a periodicidade estimadas na primeira etapa.
- Estimativa da demanda e da periodicidade de aplicação de água (lâmina d'água e turno de rega).
- Levantamento de dados básicos: vazão disponível a fonte de água, velocidade de infiltração de água e armazenamento de água no solo e evapotranspiração máximas das culturas a serem implantadas.

A presença de um corpo técnico para orientar e sanar dúvidas sobre o manejo adequado de irrigação a ser utilizado em cada propriedade é extremamente relevante, de modo que o produtor possa atingir a produtividade almejada, seguindo os parâmetros estabelecidos no projeto e ainda economizando água, energia e melhorando a qualidade do produto a ser comercializado (REZENDE, 2002).

A eficiência do uso da água varia de região para região ou de período para período, principalmente, em regiões áridas e semiáridas, podendo englobar diversos componentes, tais como: as perdas que ocorrem nos locais de armazenamento, a condução e aplicação da água nas parcelas a serem irrigadas (PAZ, 2000). Em sistemas de cultivo protegido, a irrigação se torna

indispensável, por ser a única fonte de água para as plantas, desse modo é importante dimensionar o sistema para atingir uma máxima eficiência de irrigação minimizando custos e riscos que possam surgir (COSTA et al., 2007).

O uso de água salina, a ausência de drenagem adequada e o uso excessivo de fertilizantes aceleram a degradação do solo, o que resulta em condições desfavoráveis ao desenvolvimento das culturas (SILVA et al., 2013). A salinização do solo pode ser compreendida de duas formas: a primeira ocorre de maneira natural através do processo de formação das rochas, envolvendo processos químicos, físicos e biológicos; A segunda é induzida por atividades antrópicas que é a mais perceptível manifestando-se de maneira mais acentuada em áreas com baixa precipitação pluviométrica e maior evapotranspiração ao longo do ano, em decorrência da má eficiência da drenagem ou manejo inadequado da irrigação (OLIVEIRA, 1997).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura no ano de 2006, as áreas irrigadas no mundo apresentavam sérios problemas de salinização sendo avaliadas em torno de 20 a 25% (FAO, 2006). De acordo com Lacerda et al., (2010), os principais estados brasileiros afetados pelo excesso de sais são Bahia e Ceará, representando uma fração de 44 a 25,5% da área total do país, respectivamente.

Autores como (SAVVAS et al., 2007, DIAS; GHEYI; SOUZA 2014), citaram que a maioria dos produtores estão optando pela utilização de águas salobras em seus canais de irrigação devido à escassez da água de boa qualidade, problema este enfrentado em todo o mundo.

Tolerância de espécies cultivadas a Salinidade

As plantas halófitas são tolerantes a altas concentrações de cloreto de sódio, em situações onde um determinado tipo de solo apresenta baixo potencial hídrico, as mesmas possuem um mecanismo de ação para estabelecer o equilíbrio

osmótico em função do acúmulo de sais na parte aérea. Acredita-se que essa tolerância possa atingir aproximadamente 15 g L⁻¹ de NaCl (WIDALLINO et al., 2010).

As causas do processo de salinização no que diz respeito ao crescimento e desenvolvimento das plantas são adversas, podendo ser agregadas a uma combinação de fatores sendo estes de natureza tóxica, osmótica e nutricional. É de suma importância compreender a relação entre a sensibilidade e a tolerância das culturas à salinidade, principalmente aos efeitos que o cloreto de sódio causa nos vegetais, respeitando sua indicação de uso ou exigência nutricional. O emprego de doses muito concentradas do íon sódio pode inibir o crescimento das plantas (CORADINI, 2008).

O acúmulo de sais de maneira geral ocorre no apoplasto das folhas, e as consequências são detectadas através da toxicidade salina, desidratação, perda da turgescência da parede celular e morte de células e tecidos foliares (PIFFERO, 2017). Ao longo de sua evolução, as plantas desenvolveram mecanismos bioquímicos e fisiológicos, que permitissem sua sobrevivência ao estresse salino. Dentre esses mecanismos podemos destacar as rotas bioquímicas que agem sinergicamente e aditivamente (IYENGAR; REDDY, 1996).

Cuartero e Muñoz (1999), observaram que, ao se elevar a concentração de nutrientes como N, P, Ca e K no sistema radicular de plantas que estavam em condições salinas, tornou-se possível promover o reestabelecimento dos níveis normais desses nutrientes, através do aumento da dosagem de fertilizantes. Blanco (2004) verificou, em seu estudo sobre a tolerância do tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e na planta, que a elevação das doses aplicadas de N e K não resultou em aumento da tolerância do tomateiro à salinidade, não havendo qualquer efeito em relação ao desenvolvimento da cultura.

Pak et al. (2009), encontraram indícios de que o estresse salino prejudicou o processo fotossintético, por causar a degradação da enzima clorofilase, promovendo a alteração de pigmentos como a clorofila. Essa degradação pode estar correlacionada à fotoinibição ou à formação de espécies reativas de oxigênio devido à produção de peroxidases.

A cultura da beterraba apresenta-se como uma das hortaliças tolerantes a elevadas concentrações de sais (AQUINO et al., 2006). Ayers e Westcot (1991), observaram que a beterraba possuía valores de salinidade limiar (CE) de 7,0 dS m⁻¹, sendo tolerável aos níveis elevados de sais em estágios de crescimento avançado, por esse motivo pode ser vista como uma alternativa aos produtores rurais com problemas de salinidade em ambientes protegidos.

Devido à baixa tolerância das culturas à salinidade em ambiente protegido, a salinização dos solos é um fator crítico para a produção vegetal (ELOI et al., 2011; MEDEIROS et al., 2012). Durante o cultivo em ambiente protegido, ocorre o acúmulo de determinadas substâncias iônicas, como os cátions Ca²⁺, Mg²⁺, Na²⁺ e ânions SO₄²⁻ e Cl, provocando uma redução na absorção de água via sistema radicular dos vegetais, ocasionando o aumento do potencial osmótico do solo, além de promover o antagonismo osmótico causado pelo excesso de nutrientes como Ca e Cl (MEDEIROS et al., 2012).

A intensificação dos efeitos da salinização nos vegetais depende de algumas características tais como, teor de água no solo, espécie cultivada, estágio de desenvolvimento da planta e o período de duração de estresse salino. No entanto, um dos fatores que influenciam de maneira direta a salinização dos solos em ambientes protegidos se refere à condutividade elétrica dos fertilizantes aplicados (VILLAS BOAS et al., 1999).

De acordo com o comitê de terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo, a condutividade elétrica do extrato de saturação

tem que ser igual ou superior a 4 dS m⁻¹, ressaltando que pode sofrer redução de 2 dS m⁻¹ para algumas culturas (RICHARDS, 1954; BRESLER; MCNEAL; CARTER, 1982; SILVA et al., 2000). O monitoramento da condutividade elétrica do solo permite de forma simples e eficiente o emprego de alternativas que estabeleçam a recuperação das áreas agricultáveis afetadas pelo acúmulo de sais, que podem prejudicar o rendimento econômico das culturas (QUEIROZ et al., 2009).

Causas e Consequências do Processo de Salinização dos Solos

De acordo com Silva (2002), existem dois fatores que podem ocasionar o acúmulo de sais no solo, dentre os mesmos estão à adição de fertilizantes com elevados índices salinos, contendo quantidades superiores as exigências nutricionais requeridas para determinadas culturas, e a utilização de águas advindas de poços com água de qualidade inferior, contendo altos teores de cálcio, magnésio, sulfatos, carbonatos, cloretos e bicarbonato de sódio ocorrendo com maior frequência em sistemas de cultivo comercial de casa de vegetação.

Para amenizar os problemas com a salinidade do solo, os produtores devem sempre realizar a análise da água, para que seja possível a verificação dos efeitos que possam trazer malefícios ao solo em questão e a cultura (BERNARDO et al., 2006).

Algumas propriedades químicas do solo são empregadas para classificação dos solos afetados por sais tais como: pH, condutividade elétrica e percentagem do sódio trocável (RIBEIRO et al., 2003). De acordo com a United States Salinity Laboratory – USLL STAFF (1954), o que difere solos halomórficos de não halomórficos encontra-se relacionado a valores específicos das propriedades que os classificam:

- Em solos salinos a Salinidade do Solo (CEes) é maior que 4 dS m⁻¹ e o pH é inferior a 8,5

e Porcentagem de Sódio Trocável (PST), não superior a 15%;

- Os solos salino-sódicos possuem CEes maior que 4 dS m^{-1} e pH inferior a 8,5 e PST superior a 15%;
- Os solos sódicos apresentam CEes menor que 4 dS m^{-1} , pH em torno de 8,5 e 10 e PST igual ou superior a 15%

A desertificação pode ser induzida pelo processo de salinização, em áreas que anteriormente se apresentavam produtivas tornando-se um problema em série por trazer consequências consideráveis, pois abrange milhões de hectares de solos em todo o mundo onde são conduzidas práticas agrícolas que não visam a sua conservação (DUARTE et al., 2007). No Brasil, a região Nordeste é a mais afetada com a salinização do solo, apresentando 25% das áreas irrigadas salinizadas (FAO, 2006).

Esse fenômeno pode estar associado à alta incidência solar que favorece a elevação na taxa de evapotranspiração da água acumulada no solo que, posteriormente, acontece a precipitação dos sais nela dissolvidos. O uso de boas práticas que visam à adoção de cultivares tolerantes a salinidade do solo, da água provinda da irrigação e das condições climáticas são de suma relevância para reduzir o consumo e a taxa de evaporação da água (COSTA, 2007).

Iniciativas vêm sendo realizadas com o intuito de controlar a salinidade através de meios técnicos, porém requerem elevado investimento e em muitas situações são consideradas inviáveis (LIMA JUNIOR et al., 2010). No entanto, para que se torne possível à recuperação de solos salinos, os métodos incluem diferentes combinações de práticas relacionadas ao manejo do solo, da água e da planta (LACERDA, 2000).

Durante o ciclo de uma determinada cultura, quando ocorre um aumento gradativo de sais no solo e as frações de lixiviação utilizadas na irrigação não são capazes de evitar esse acúmulo, a salinidade do solo pode ser reduzida através da lavagem de recuperação até um nível

considerado tolerável a cultura a ser implantada (RHOADES et al., 1992). Medeiros (1998) e Blanco (1999) constataram que a aplicação de diferentes frações de lixiviação não conseguiu impedir o acúmulo de sais no sistema radicular de culturas como pimentão e pepino cultivados em ambiente protegido e, à medida que se aumentou a salinidade da água da lâmina de irrigação, posteriormente, obteve-se um acréscimo da salinidade do solo.

Blanco et al. (2001) observaram que a aplicação da lâmina de lavagem com o objetivo de se recuperar solos salinizados em ambiente protegido, pode ser realizada utilizando o próprio sistema de irrigação por gotejamento, desde que esta seja efetuada após o preparo do solo para a semeadura. Além de que o aumento da lâmina relativa de lavagem empregando métodos de irrigação por gotejamento e inundação promoveu reduções crescentes da salinidade do solo, e apenas na aplicação por gotejamento apresentou diferenças significativas.

O processo de dessalinização da água surgiu como uma alternativa eficiente de se transformar a água salgada em água potável, utilizando diferentes métodos de purificação da água tais como eletrodíálise e osmose reversa. Sendo que a osmose reversa se destaca pela maior eficácia em concentrações totais de sólidos solúveis maiores que 5000 ppm e a eletrodíálise é mais viável em concentrações entre 500 a 5000 ppm (STRANTHMANN, 1994).

Ferreira (2014), em seu estudo sobre o crescimento e produção do quiabeiro irrigado com diferentes lâminas e salinidade da água de irrigação, constatou que a tensão de água do solo aumentou devido ao elevado teor de sais presentes na água da irrigação, proporcionando o estresse hídrico de 65% da ET_c , causando redução na parte aérea, no número de folhas, altura de plantas, diâmetro do caule, botões florais, produção de grãos e massa seca das plantas. Já a lâmina de irrigação com 125% da ET_c com água de alta salinidade promoveu o crescimento de plantas e a produção de verdes.

Gongin et al. (2010), obtiveram resultados de que as plantas que são capazes de absorver maior volume de água, apresentam melhor resistência perante situações adversas tais como seca, temperaturas elevadas, salinização devido modificações ou alterações no genoma e morfofisiologia das mesmas, impedindo a toxicidade causada pelo sal.

Silva (2014) verificou que a resposta das culturas à salinidade depende das características físicas do solo e em solos com menor teor de argila as plantas apresentam-se mais tolerantes perante tais condições. Além de que a mistura de águas até se obter condutividade elétrica de $2,75 \text{ dS m}^{-1}$ possibilitou uma economia de 43,3% na água de boa qualidade, atingindo aproximadamente 22% de perda na produção de biomassa. Sendo que a mistura de águas salinas possibilitou uma produção satisfatória de forragem sem interferir no valor proteico.

Medeiros et al. (2009) analisou a tolerância da cultura do pepino a salinidade em ambiente protegido, e observou que os níveis de salinidade do solo estudados (1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; e 6,5 dS m^{-1}) afetaram a cultura do pepino cultivado em solo arenoso. Contudo, os principais resultados, foram que a produtividade máxima obtida foi $2,45 \text{ kg m}^{-2}$ para o nível de salinidade $3,5 \text{ dS m}^{-1}$; com os valores de produção relativa, obteve-se a salinidade limiar (SL) de $4,08 \text{ dS m}^{-1}$, com uma queda de produção, após o ponto limiar na ordem de 19,33% por dS m^{-1} , para cada aumento de uma unidade.

Júnior et al. (2017) constataram, em seu trabalho sobre a fertirrigação nitrogenada e potássica no cultivo de pimentão em ambiente protegido, que o manejo da fertirrigação através do controle da condutividade elétrica da solução do solo (M2 monitoramento da condutividade elétrica da solução do solo) ou da concentração de íons NO_3 e K^+ (M3 monitoramento da concentração de íons de N e K na solução do solo), promoveu maior produção de pimentões em ambiente protegido em comparação com a fertirrigação com base na taxa de absorção da

cultura (M1 fertirrigação a partir da marcha de absorção). A maior produtividade de frutos de pimentão pode ser obtida utilizando-se fertirrigação com os manejos M2 ou M3, em níveis de NK de 144 e 165%, respectivamente, da concentração recomendada para o cultivo de pimentão hidropônico.

Fertirrigação e exigências nutricionais de hortaliças

A fertirrigação trata-se de uma técnica muito utilizada em ambientes protegidos, voltados, principalmente, à produção de olerícolas, esse sistema é amplamente difundido nas regiões Sul e Sudeste do país em virtude da economia de fertilizantes, porém os solos em ambientes protegidos não são expostos à ação da chuva e, portanto não sofrem a lixiviação dos sais, se comparado ao cultivo a céu aberto, tendo efeitos semelhantes aos que ocorrem em regiões semiáridas do território nacional que em consequência do acúmulo de fertilizantes neste tipo de cultivo é frequente os problemas de salinidade (SILVA et al., 2013).

Há centenas de anos, a relação entre a adição de fertilizantes na água de irrigação foi compreendida pelo homem, propiciando relatos remotos de que o estrume de animais era adicionado aos canais de irrigação com a finalidade de adubar as áreas que seriam irrigadas (WOODWARD, 1959). Acredita-se que a fertirrigação tenha surgido no Oeste dos Estados Unidos em sistemas de irrigação na forma de sulcos. No ano de 1930, no estado da Califórnia, deu-se início a técnica de fertirrigação em sistemas de irrigação pressurizada, desenvolvidos por produtores com intuito de promover a aplicação de fertilizantes em pomares por meio da irrigação por aspersão (WOODWARD, 1959).

No Brasil, a fertirrigação começou a ser implantada na década de 1970, através da aplicação da vinhaça na cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo e logo foi ganhando maiores proporções, porém somente

na década de 90 essa técnica ficou mais conhecida devido o constante emprego da irrigação localizada no país e com isso houve uma ampla divulgação e aceitabilidade da fertirrigação (SOUZA, 2001).

Em relação aos métodos convencionais, o sistema de fertirrigação pode se sobressair (TESTEZLAF, 2017). Dentre essas vantagens pode-se destacar: maior durabilidade do equipamento apresentando vantagens, que são obtidas por meio de um manejo adequado (de irrigação, melhor condicionamento e rentabilidade, emprego apropriado do capital investido por aproveitar o mesmo trabalho exigido para efetuar as irrigações, necessita de uma menor quantidade de mão-de-obra para se realizar aplicações de fertilizantes, evita a compactação dos solos, por meio da redução do uso de maquinários dentro das áreas agricultáveis, permitindo a aplicação de micronutrientes garantindo uma maior uniformidade na distribuição do adubo (FONTES, 2003).

As principais limitações relacionadas à fertirrigação são entupimento de emissores e das estruturas metálicas do sistema em função da reação de diferentes materiais químicos na rede de irrigação que entram em contato direto com a solução de fertilizantes, mão de obra tecnicada para operar o sistema e elevado investimento inicial (OLIVEIRA, 2006).

Silva et al. (2013), estudando níveis de salinidade na cultura do tomateiro, relataram que os níveis de salinidade do solo causados devido ao excesso de fertilizantes em cultivos anteriores e com adição de novas aplicações de fertilizantes semelhantes a curva de absorção dos nutrientes (M^1), levaram a redução de componentes de produção do tomateiro de maneira significativa. O número de frutos e as variáveis de fitomassa foram afetadas estatisticamente por fatores como o tipo de manejo adotado de fertirrigação e os níveis de salinidade do solo respectivamente com reduções de 38,82 e 27,31 % para o manejo de (M^1), apresentando a conclusão de que, a cultivar de tomate Débora Plus, possui maior

tolerância à salinidade do que outras citadas na literatura.

De acordo com Moura et al. (2004), ao estudar a irrigação com água salina na cultura da berinjela, verificou que, com o aumento da concentração de sais na água de irrigação, a evapotranspiração da cultura reduziu de maneira linear e que uma das causas que afetam a produtividade da berinjela é o déficit hídrico.

Por outro lado, Silva et al. (2013) ao estudar os níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre característica da berinjela cultivada em ambiente protegido, observaram que os níveis mais elevados de salinidade do solo, se deram através da adição de sais fertilizantes que afetam folhas, raízes, índice de área foliar e as massas secas das hastes. Os níveis iniciais de salinidade do solo foram proporcionados pela aplicação excessiva de adubos de cultivos anteriores e afetaram diretamente a produção e os componentes de produção para a cultura da berinjela. Além de que a produção da berinjela cultivada em estufa sofreu redução em média de 8,65% por incremento de 1 dS m^{-1} na salinidade do solo, acima da salinidade limiar que foi de $1,71 \text{ dS m}^{-1}$.

Tolerância das plantas à salinidade

O estado nutricional das plantas requer uma grande atenção para caracterizar a tolerância das mesmas a salinidade. A presença de elevados teores de NaCl prejudica a absorção de nutrientes pelas raízes dos vegetais principalmente de Ca e K, podendo interferir nas funções fisiológicas (ZHU, 2001; YOSHIDA, 2002). Um dos fatores comumente citados que favorece maior tolerância à salinidade é a habilidade que os genótipos de plantas possuem em sustentar elevados teores de Ca e K e baixos níveis de Na dentro dos tecidos vegetais.

De acordo com Mansour (2003), grande parte dos genótipos de plantas tolerantes a salinidade, possuem nos tecidos alta relação de N/K. Rubio et al. (2003), verificaram que as

plantas de pimentão exigiam maiores proporções de K e quanto maior absorção de K, há uma redução na absorção de Na, favorecendo uma alta relação K/Na na planta.

Em outras palavras, essa tolerância à salinidade pode estar aliada ao ajustamento osmótico, ou seja, a capacidade que as plantas possuem de acumular íons no vacúolo e/ou solutos orgânicos compatíveis no citoplasma, de modo que se possa promover um balanceamento do baixo potencial osmótico nos vacúolos (CRUZ et al., 2006). Silva et al. (2010), verificaram em seu estudo na cultura do pinhão-manso submetido a salinidade referente a contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico, que os íons de Na⁺ e Cl⁻ contribuíram para o ajustamento do potencial osmótico em grande parte, e que a contribuição de K⁺ é reduzida intensamente pela presença do NaCl.

Por serem utilizados com maior frequência, em ambiente protegido, os fertilizantes nitrogenados, potássicos e fosfóricos são responsáveis pelos efeitos salinos. O NaCl é um tipo de sal muito comum nos solos brasileiros principalmente em regiões áridas e semiáridas sendo uma das causas dos danos fisiológicos que ocorrem em diversas culturas (ZHU, 2001).

Plantas bem supridas nutricionalmente por K são menos vulneráveis à seca devido ao aumento na eficiência de conversão água/matéria seca, promovendo maior fechamento dos estômatos. Quando a planta absorve elevados teores de potássio, em suas células ocorre maior retenção de água, aumentando sua resistência a salinidade porque o NaCl promove a exclusão do Na (MALAVOLTA, 1998).

Em meios com pH alcalino e neutro, o elemento mineral molibdênio (Mo) ao contrário do que ocorrem com os demais micronutrientes que tornam-se pouco disponíveis para as plantas e podendo acarretar em estados de deficiência nutricional, este não sofre redução na solubilidade (FREIRE; FREIRE, 2007).

Interações: solo – planta

Segundo Silva (2007), o solo é um corpo tridimensional, formado pelo processo de intemperismo, físico, químico e biológico. Entre os fatores que determinam sua formação, estão os fatores climáticos e a comunidade biótica, cujo material de origem é a rocha subjacente, embora possa ser composto por partículas advindas de outras regiões, através do transporte pelo vento, pela água, pelo gelo ou pela fauna.

O comportamento dos elementos químicos e sua disponibilidade para as plantas variam de acordo com as reações que acontecem no solo (SANTOS et al., 2008). As reações são influenciadas por fatores como pH, capacidade de troca catiônica (CTC), porcentagem de saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%). O pH ideal para o desenvolvimento das culturas de maneira geral está na faixa de 6,0 a 6,5. A disponibilidade do fósforo é altamente dependente do pH. Quando o pH não estiver na faixa adequada, poderá ocasionar a deficiência ou toxidez nutricional, prejudicando a produção das culturas e conseqüentemente reduzindo a eficiência nutricional (FAGERIA, 1998).

A presença de carbonatos no solo, como (Ca⁺⁺), (Mg⁺⁺) e (K⁺⁺), elevam os valores do pH, interferindo diretamente na disponibilidade desses nutrientes para as plantas. Com a elevação do pH, os macronutrientes, como P e N, apresentam-se prontamente disponíveis para as plantas, outros como K e S são pouco influenciados (FREIRE; FREIRE, 2007).

Na solução do solo, o movimento de sais é realizado por meio do fluxo de íons presentes no solo, que ocorre através de dois processos bastante conhecidos, que são difusão e fluxo de massa. A difusão pode ser definida como o movimento do íon em uma fase aquosa estacionária sobre distâncias curtas e o fluxo de massa é o movimento do íon em uma fase mais aquosa, ou seja, móvel (REICHARDT, 1996).

O processo de escassez da água em vegetais se sucede quando a água presente no solo é retida com força superior as forças de extração. Para as plantas retirarem a água presente no solo, é necessário que as forças de embebição dos tecidos do sistema radicular sejam superiores às forças de retenção da água exercida pelo solo (OLIVEIRA, 2008). Tais forças de retenção aumentam à medida que ocorre à presença de sais na solução do solo devido ao efeito da osmose. Uma explicação prática para esse fenômeno ocorre através da comparação de dois tipos de solos idênticos, que apresentam a mesma quantidade de água, onde um aparentemente está isento de sais e o outro não, a planta em si absorverá e consumirá mais água justamente do primeiro (AYERS, WESTCOT, 1991).

Torna-se complexa a explicação científica dada a esse fenômeno, mas acredita-se que, em grande parte, acontece devido à maior força que as plantas exercem para a embebição, com o objetivo de absorver do solo uma determinada quantidade de água e sais requeridos pelo vegetal, do que para retirar outra que não possua as mesmas características (AYERS, WESTCOT, 1991).

Em condições de estresse salino, as plantas são mais suscetíveis às doenças. Essa suscetibilidade está associada a fatores, como excesso de umidade, seca, extremos de temperatura, desequilíbrio nutricional da planta e fitotoxicidade (MALAVOTA, 1998).

O sintoma de toxicidade mais comum em vegetais é o ocasionado por cloreto de sódio, aplicado via irrigação por aspersão, sendo absorvido diretamente pelas folhas quando as mesmas são molhadas (SILVA et al., 2000).

O conhecimento sobre a composição química da solução do solo e a condutividade elétrica é de suma importância para se detectar os níveis de disponibilidade de nutrientes, determinação do potencial osmótico e verificação de íons tóxicos ao longo do desenvolvimento de uma cultura (SILVA, 2014). Por esse motivo, o monitoramento da solução do solo deve ser efetuado por várias vezes durante o ciclo de cultivo, para não comprometer o desenvolvimento da cultura e evitar problemas de salinidade do solo (SILVA, 2014). SILVA et al. (2000); Dias et al. (2005) desenvolveram trabalhos nos quais o monitoramento da solução do solo foi realizado para se determinar a condutividade elétrica do mesmo.

COMENTÁRIOS

Os projetos de pesquisa e geração de tecnologias que viabilizem o uso da água salina na produção de alimentos tornaram-se relevantes, visto que são escassos os estudos sobre a salinidade abordando diferentes tipos de solos e culturas. É importante ressaltar que plantas bem nutridas são mais tolerantes à salinidade do que plantas que apresentam teores de deficiências de alguns nutrientes, portanto é imprescindível a adoção de uma estratégia eficiente de manejo do solo e da adubação para que seja possível a convivência com a salinidade.

A falta de profissionais de assistência técnica voltado à área da salinização do solo em ambiente protegido, também é um problema, pois a falta de informação correta faz com que o produtor faça uma adubação de forma empírica, o que na maioria das vezes causam a salinização dentro do ambiente protegido.

REFERÊNCIAS

AGHALEH, M.; NIKNAM, V.; EBRAHIMZADEH, H.; RAZAVI, K. Salt stress effects on growth, pigments, proteins and lipid peroxidation in *Salicornia persica* and *S. europaea*. **Biologia Plantarum**, v.53, p.243-248, 2009.

- ALLOWAY, B. J. Soil processes and the behaviour of metals. In: B. J. Alloway, ed. Blackie, John Wiley & Sons, **Heavy metals in soils**, Inc. Ipswich. p. 7-28, 1990.
- AQUINO, L. A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P. R. G.; et al. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.199-203, 2006.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade de água na agricultura**. 218p. Estudos FAO, Irrigação e drenagem, Campina Grande, UFPB, 1991.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO, 147p. (Irrigation and Drainage Paper, 29), 1985.
- BELTRÃO, N. E. de M.; FIDELES FILHO, J.; FIGUEIRÊDO, I. C. M. Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na experimentação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.547-552, 2002.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.
- BEZERRA, F. C. **Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 22 p. (Embrapa Agroindústria Tropical Documentos, 72), 2003.
- BLANCO, F. F. **Tolerância do Tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e na planta**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 115p. Tese Doutorado, 2004.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Recuperação de um solo salinizado após cultivo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 76-80, 2001.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V.; HENRIQUES, N. D. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: I. Concentração de nutrientes no solo e na planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 12, n. 1, p.26-33, set. 2008.
- BLANCO, F.F. **Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo**. Piracicaba, 104 p. Dissertação de (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, 1999.
- BRESLER, E.; MCNEAL, B. L. E; CARTER, P. L. **Saline and sodic soils: Principles dynamics, madelling** – Berlim: Springer –verlog, 249p. 1982.
- COCKSHULL KE. **Plant responses and adaptation to water issues in the greenhouse environment**. Acta Horticulturae 379: 187- 192, 1998.
- CORADINI, R. **Salinização na cultura do arroz**. Dissertação apresentada ao Curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria, com requisito parcial à obtenção de título. Santa Maria, 32p.2008.
- COSTA, D. M. A. DA. **Impactos do estresse salino e da cobertura morta nas características químicas do solo e no desenvolvimento do amaranto**. 2007. Natal : Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 125p. Tese de Doutorado, 2007.
- COSTA, E. L.; COELHO, E. F.; COELHO FILHO, E. A. Irrigação do morangueiro. **Informe agropecuário**. Belo Horizonte, v.28, n.236, p.50-55, 2007.

- CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; COELHO, E. F.; et al. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 275-284, 2006.
- CUARTERO, J. ; MUÑOZ, R, F. Tomato and Salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 78, n 1 / 4, p. 83-125, 1999.
- DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; DEREN, C.W. Influence of silicon fertilizer on blast and brown spot development and rice yields. **Plant Dis.**, 76:1011-1013, 1992.
- DIAS, N. da S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de (Ed.). **Manejo de salinidade na Agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza-CE: INCT Sal, Cap. 9. p. 133-144, 2010.
- DIAS, N. DA. S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo com melão rendilhado sob ambiente protegido**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 131p. Tese Doutorado, 2004.
- DIAS, N. S. et al. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.496-504, 2005.
- DIAS, N. S; GHEYI, H. R; SOUSA NETO, O. N. de. Boas práticas na irrigação: Manejo integrado da irrigação, o solo e a aplicação de fertilizantes. In: LIMA, S. C.R. V; SOUSA, F; VALMIR JUNIOR, M; FRIZZONE, J. A; GHEYI, H. R. **Techological inovations in irrigation engineering: Impact on climate change, water quality and transfer of technology**. Fortaleza – CE: INOVAGRI, 278p.2014.
- DUARTE, S. N. et al. Recuperação de um solo salinizado devido a excesso de fertilizantes em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v.12, n.3, p.422-428, jul./set. 2007.
- ELOI, W. M. et al. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre as características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p. 83-89, jan./mar. 2007.
- ELOI, W. M. et al. Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertirrigação em ambiente protegido. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.5, p.471-476, maio 2011.
- ESTEVES, B. dos S.; SUZUKI, M. S. Efeito da Salinidade Sobre as Plantas. **Oecologia Brasiliensis**, Campos dos Goytacazes-RJ, v. 12, n. 4, p.662-679, nov. 2008.
- FAGERIA, N. K. **Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas**. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**, v. 2, n.1, p. 6-16. 1998.
- FAO. **Water in agriculture; opportunity untapped**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.
- FERREIRA, L. E. **Crescimento e produção do quiabeiro irrigado com diferentes lâminas e salinidade da água de irrigação**. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semi- Árido, 95p. Tese Doutorado,2014.
- FERREIRA, V. M. **Técnico Agropecuário: Irrigação e Drenagem**. Ed. Floriano, 2001.
- FOLEGATTI, M. V; BLANCO, F. F. Desenvolvimento vegetativo do pepino enxertado irrigado com água salina. **Scientia Agrícola**, Piracicaba-SP, v. 57, n. 3, p.451-457, set. 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture**. Roma: FAO. 50p.2011.

FREIRE, M.B.G.S.; FREIRE, F.J. **Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais**. In:NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade de Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 1017 p.2007.

GONGIN, T.M.D.; CAVALCANTE, L.F.; BELTRAO, N.E. M., **Aquecimento global, salinidade e consequências no comportamento vegetal**. Rev. Bras. Ol. Fibros., Campina Grande. v.14, p. 37-54, 2010.

GOTO. R.; TIVELLI, W. **Produção de hortaliças em ambientes protegidos: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998.

GRANDE, L.; LUZ, J.M.Q.; MELO, B.; LANA, R.M.Q.; CARVALHO, J.O.M. O cultivo protegido de hortaliças em Uberlândia-MG. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 241-244, 2003.

HODSON, M.J.; EVANS, D.E. Aluminum silicon interactions in higher plants. **J. Exp. Bot.**, 46, 161-171, 1995
IYNGAR, E. R. R.; REDDDY, M. P. Photosynthesis in highly salt tolerant plants. In: PESSERKALI, M. (Ed.) **Handbook of Photosynthesis**. Marshal Dekar, Batem Rose. p. 897 – 909, 1996.

JÚNIOR, E. S. N.; MEDEIROS, J. F. DE.; OLIVEIRA, F. DE. A.; et al. Nitrogen and potassium fertigation in bell pepper cultivated in greenhouse using fertigation managements. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 21, n. 3, 2017.

KAWAKAMI, F. P. C. et al. **Manejo da fertirrigação em função da condutividade elétrica da solução nutritiva drenada no cultivo de tomate cereja sob ambiente protegido**. 2005.

LACERDA, C. F. **Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino**. 163p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, 2000.

LACERDA, C. F.; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.(ed). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. INCTSal: Fortaleza, Cap. 17, p303-317, 2010.

LIMA JUNIOR, J.A; SILVA, A. L.P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, vol.6, N.11; Pág. 1, Goiânia, 2010.

LIMA, M. DE. A.; CASTRO, V. F. DE.; VIDA, J. B.; FILHO. E. J. Aplicação de sílcio em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 398-403, 2011.

LIMA, V. L. A. de. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) Em condições de lisímetro de drenagem**, 87p. Universidade Federal de Viçosa, 1998.

MALAVOLTA, E. **Adubação mineral e sua relação com doenças de plantas – a visão de um nutricionista de planta**. In: Workshop – a interface solo-raiz (rizosfera) e relações com a disponibilidade de nutrientes, a nutrição e as doenças de plantas. Piracicaba: POTAFOS/ESALQ, p. 1-60, 1998.

MARQUELLI, W.A; SILVA, H.R; SILVA, W. L.C. Irrigação de tomateiro para processamento. **Circular técnica**, 102, Brasília, 2012.

- MANSOUR, M. M. F. 2003. Transport proteins and salt tolerance in plants, **Plant Science**, v. 164, p. 891-900, 2003.
- MATICHENKOV, V.V.; ANDERSON, D.L.; SNYDER, G.H. Silicon in the soil and plant – Part II as a matter of fact. **Sugar J.**, 58-8, 1995.
- MEDEIROS, J. F. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão**. Piracicaba: ESALQ/USP, 152p. Tese Doutorado, 1998.
- MEDEIROS, P. R.; DUARTE, S.N; SILVA, E.F.F. Eficiência do uso de água e de fertilizantes no manejo de fertirrigação no cultivo do tomateiro sob condições de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.2, p.344- 351, abr./jun. 2012.
- MEDEIROS, P. R. F. DE; DUARTE, S. N; DIAS, C. T. S. Tolerância da cultura do pepino à salinidade em ambiente protegido. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 406-410, 2009.
- MEDEIROS, P. R. F. et al. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 16, n. 1, p.51-55, out. 2011.
- MENDONÇA, F. C.; RASSINI, J. B. **Curso teórico-prático de manejo e projetos de irrigação em pastagens**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 59 p. Apostila.
- MONTEIRO FILHO, A. F. et al. Growth of hydroponic lettuce with optimized mineral and organomineral nutrient solutions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 191-196, 2017.
- MOURA, D. C. M.; CARVALHO, J. A.; GOMES, L. A. A. Evapotranspiração da cultura da berinjela irrigada com diferentes concentrações de sais na água. **Engenharia Agrícola**, v. 15, p. 1-6, 2004.
- OLIVEIRA, A.R.R. **Salinidade da água de irrigação na produção de fitomassa e acumulação de nutrientes no cajueiro anão precoce**. 94f. Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em engenharia agrícola, Centro de ciência e tecnologia da Universidade Federal da Paraíba para obtenção do título de mestre em engenharia agrícola. Campina Grande, Paraíba, 2008.
- OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GUEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. (Ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, cap.1, p.1-35, 1997.
- OLIVEIRA, M. R. V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: Vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.8, p.1049-1060, 1995.
- OLIVEIRA, M. V. A. M. DE. **Modelo matemático para estimativa do tempo de fertirrigação**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 103p. Tese de Doutorado, 2006.
- PAK, V. A.; NABIPOUR, M.; MESKARBASHEE, M. Effect of salt stress on chlorophyll content, fluorescence, Na⁺ and K⁺ ions content in rape plants (*Brassica napus* L.), **Asian Journal of Agricultural Research**, v.2, p.28-37, 2009. <http://dx.doi.org/10.3923/ajar.2009.28.37>
- PAZ, V. P. DA. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.4, n.3, p.465-473, 2000.

PÍFFERO, Giancarlo Pires. **A Cultura do Arroz-Sistemas de Plantio.**

<http://www.webrural.com.br/webrural/artigos/lavouras/arroz/arroz2.htm>. Acesso em 05 de maio de 2017.

PRIETO, V. G. Quimigação. **Agricultura de las Americas**, Overland Park, v. 34, n. 7, p. 42-44, jul., 1985.

PRISCO, J. T.; HADDAD, C. R. B.; BASTO, J. L. P. Hidration-dehydration seed pretreatment and its effects on seed germination under water stress conditions. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 15, n. 1, p. 31-35, 1991.

PURQUEIRO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; VILLAS BOAS, R. L. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 464-470, jul./set. 2007.

QUEIROZ, S. O. P.; TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. Metodologia para avaliação da salinidade do solo em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu-SP, v. 14, n. 3, p.383-397, jul. 2009.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. 2.ed. Piracicaba: Ed. ESALQ, 513p., 1996.

REZENDE, MORETHSON. **Métodos e estratégias de manejo de irrigação**. CEP, v. 35701, p. 970, 2002.

RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: Stewart, D.R.; Nielsen, D.R. (Eds.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, cap.36, p.1089- 1142. Agronomy, 30, 1990.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Solos halomórficos no Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V. V.H. (eds) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 3, p. 165-208, 2003.

RICHARDS, L. A. **Diagnostic and improvement of saline and alkali soils**. USDA. Agriculture Handebook, 60. Washington: United States Salinity Laboratory, 160p., 1954.

RUBIO, F.; FLORES, P.; NAVARRO, J. M.; MARTINEZ, V. Effects of Ca + K⁺ and cGMP on Na⁺ uptake in pepper plants. **Plant Science**, v. 165, p.1043-1049, 2003.

SANTOS, D.R. GOTIBONI, L.C; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, vol.38, n.2, pp.576-586, 2008.

SAVVAS, D.; STAMATI, E.; TSIROGIANNIS, I. L.; et al. Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 91, n. 1, p. 102-111, 2007.

SEGOVIA, J. F. O.; ANDRIOLO, J. L.; BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 37-41, jan./mar. 1997.

SILVA, A. DE,; MEDEIROS, J. F. DE.; ALVES, S. S. V.; et al. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 18, 2014.

SILVA, A. O. DA. A FERTIRRIGAÇÃO E O PROCESSO DE SALINIZAÇÃO DE SOLOS EM AMBIENTE PROTEGIDO. **Nativa**, v. 2, n. 3, p. 180-186, 2014.

SILVA, B. A.; SILVA, A. R.; PAGIUCA, L. G. Cultivo Protegido: Em busca de mais eficiência produtiva! **Revista Técnica Hortifruti Brasil**, p.10-18, 2014.

SILVA, E. F. F. et al. Extratores de capsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 785-789, 2000.

SILVA, E. F. F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 136p. Tese Doutorado, 2002.

SILVA, E. N. DA.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; et al. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 5, p. 437-445, 2010.

SILVA, E.F.F; ANTI, G.R; CARMELLO, Q.A.C; DUARTE, S.N. Extratores de cápsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica do teor de potássio na solução de um solo. **Revista Scientia Agrícola**, v.57, n.4, p.785-789, 2000.

SILVA, M. A. G; BOARETTO, A.E; FERNANDES, H.G; BOARETTO, R; MELO, A.M.T; SCIVITTARO, W.B. Características químicas de um latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. **Scientia Agrícola**, Campinas-SP, v. 58, n. 3, p.561-566, set. 2001.

SILVA, P. F.; LIMA, C. J. G. DE. S.; BARROS, A. C.; et al. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 17, n. 11, p.1173-1180, 09 ago. 2013.

SILVA, V. F. **Aspectos básicos da fertirrigação**. In: Manual do curso de fertirrigação em fruteiras, 1, 2001. Teresina: Embrapa – CPAMN, 112p.2001.

SILVA. A. M. DA.; SCHLZ. H. E.; CAMARGO. P. B. **Erosão e Hidros sedimentação em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: Rima. 2 ed.150 p. 2007.

SNYDER, G.H.; JONES, D.B.; GASCHO, G.J. **Silicon fertilization of rice on Everglades Histosols**. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:1259-1263, 1986.

SOARES, A. J. **Efeitos de três lâminas de irrigação e de quatro doses de potássio via fertirrigação no meloeiro em ambiente protegido**. 2001. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Irrigação e Drenagem) Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, USP, Piracicaba, 2001.

STRANTHMANN, H. Electrolytic membrane processes and their practical applications. **Environmental Oriented Electrochemistry**. Amsterdam: Elsevier, P.5050-523. (Studies in Environmental Science, 59), 1994.

TESTEZLAF, R. Irrigação: Métodos, Sistemas e aplicações. Faculdade de engenharia agrícola, 215p. Universidade Estadual de Campinas, Campinas,2017.

UNITED STATES SALINITY LABORATORY – USSS STAFF. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, U. S. Department of Agriculture, 160p. 1954.

VILLAS BÔAS, R. L. et al. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. (Ed.). **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Piracicaba, Agropecuária, p.235-319,1999.

WILLADINO, L; CAMARA, T.R. Tolerância das plantas a salinidade: Aspectos fisiológicos e bioquímicos. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, vol.6, N.11; Pág.2, Goiânia, 2010.

WOORDWARD, G. D. **Sprinkler irrigation**. New York: Sprinkler Irrigation Association. 377 p. 1959.

YOSHIDA, D. Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. **Journal Bioscience Bioengineering**, v94, n.4, p. 585-590, 2002.

ZHU, J. K. Plant salt tolerance. Trends in **Plant Science**, v.6, p. 66-71, 2001.

Recebido: 24/10/2017
Aceito: 12/11/2018