



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
MESTRADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

CLEYTON DOS SANTOS FERNANDES

**FORMAS DE NITROGÊNIO COMO ATENUADORES DO ESTRESSE SALINO EM
PLANTAS DE ABOBRINHA**

MOSSORÓ

2019

CLEYTON DOS SANTOS FERNANDES

**FORMAS DE NITROGÊNIO COMO ATENUADORES DO ESTRESSE SALINO EM
PLANTAS DE ABOBRINHA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água no Semiárido

Orientador: Miguel Ferreira Neto, Prof. Dr.

Coorientador: Francisco Vanies da Silva Sá, Dr. Sc

MOSSORÓ

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F363f Fernandes, Cleyton dos Santos.
Formas de nitrogênio como atenuadores do estresse salino em plantas de abobrinha / Cleyton dos Santos Fernandes. - 2019.
66 f.: il.

Orientador: Miguel Ferreira Neto.
Coorientador: Francisco Vanies da Silva Sá.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2019.

1. *Cucurbita pepo* L.. 2. Salinidade. 3. Adubação nitrogenada. I. Ferreira Neto, Miguel, orient.
II. Sá, Francisco Vanies da Silva, co-orient.
III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

CLEYTON DOS SANTOS FERNANDES

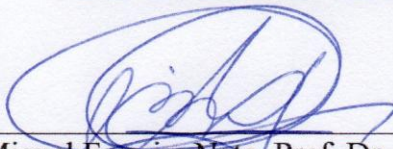
**FORMAS DE NITROGÊNIO COMO ATENUADORES DO ESTRESSE SALINO EM
PLANTAS DE ABOBRINHA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

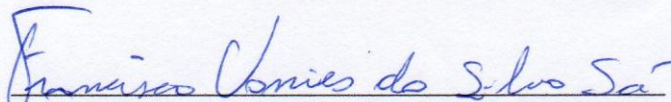
Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água no Semi-Árido.

Defendida em: 26/02/2019

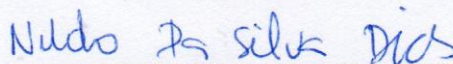
BANCA EXAMINADORA



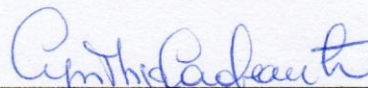
Miguel Ferreira Neto, Prof. Dr. (UFERSA)
Orientador



Francisco Vanies da Silva Sá, Dr. Sc. (UFERSA)
Coorientador



Nildo da Silva Dias, Prof. Dr. (UFERSA)
Examinador externo ao programa



Cynthia Cavalcanti de Albuquerque, Profa. Dra. (UERN)
Examinadora externa à instituição

AGRADECIMENTOS

A força suprema que rege todas as leis do universo, ao qual, muitos denominam de DEUS.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido e ao Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água, pela oportunidade de ampliar e aperfeiçoar meus conhecimentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de nível superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus orientadores Miguel Ferreira Neto e Francisco Vanies da Silva Sá, pela parceria e ensinamentos.

A Nildo da Silva Dias e Vania Christina Nascimento Porto, pelas orientações, companheirismo e amizade ao longo de minha jornada acadêmica.

Aos meus pais Antônio e Maria de Fátima, pelo apoio incondicional em todas as etapas de minha vida.

A minha esposa Cleide Gomes, pelo apoio e dedicação. Sem ela a caminhada teria sido possível, mas com certeza, muito mais difícil.

Aos meus filhos Yasmim e Davi Cauê. Ela, alguém que aprendi a amar; Ele, alguém que amei incondicionalmente, desde o dia que soube de sua existência e a razão maior da minha luta por dias melhores.

Ao meu colega de graduação e amigo Moadir de Sousa, pela parceria e companheirismo em toda minha vida acadêmica.

A bolsista de iniciação científica Layla Bruna, pela dedicação e comprometimento na condução dessa pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para minha formação profissional, pessoal e intelectual.

À minha família e aos meus amigos.

DEDICO

“Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes”.

Leonardo da Vinci

RESUMO

O estresse salino é um dos fatores abióticos que mais limita o crescimento de plantas e o rendimento das culturas no mundo, especialmente em regiões áridas e semiáridas. Com isso, visando melhorar à aclimação das plantas ao estresse salino, diversas estratégias de manejo são estudadas, principalmente aquelas com potencial de melhorar a absorção e assimilação de nutrientes. Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo estudar os efeitos dos íons nitrato e amônio na atenuação do estresse salino em plantas de abobrinha italiana (cv Caserta) cultivadas em sistema hidropônico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento experimental de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 2 x 5, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos de duas formas específicas de nitrogênio (nitrato - NO_3^- e amônio - NH_4^+) e cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) (0,5; 2,0; 3,5; 5,0 e 6,5 dS m^{-1}). As plantas foram cultivadas até a fase de produção em vasos com capacidade para 8 dm^3 , preenchidos com substrato a base de fibra de coco. Avaliou-se as plantas quanto ao crescimento, trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a*, pigmentos cloroplastídicos, percentagem de dano celular nas folhas, composição mineral da parte aérea e produção. Os resultados foram avaliados por meio de análise de variância, verificando-se as significâncias ao nível de 5% de probabilidade dos tratamentos por meio do teste F. Os resultados indicaram que a nutrição exclusiva com nitrogênio na forma de NH_4^+ promove redução no crescimento e acúmulo de biomassa das plantas de abobrinha italiana. Essas plantas apresentam maiores restrições na eficiência fotoquímica e fotossintética do que as nutridas com NO_3^- quando crescidas sob condição de salinidade. Além disso, apresentam morte prematura na fase de floração, independente da condição de estresse salino. A nutrição com nitrogênio na forma de NO_3^- é indicada para o cultivo hidropônico da abobrinha italiana. A irrigação com água de condutividade elétrica superior a 2,0 dS m^{-1} reduz o crescimento, as trocas gasosas, a eficiência fotoquímica e não fotoquímica, o acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas e a produção de abobrinha italiana. Sugere-se a realização de outras pesquisas semelhantes para aprofundar os conhecimentos sob o possível potencial dos íons NO_3^- e NH_4^+ na atenuação dos efeitos da salinidade em plantas de abobrinha italiana e outras cucurbitáceas.

Palavras-chave: *Cucurbita pepo* L.. Salinidade. Adubação nitrogenada.

ABSTRACT

Salt stress is one of the most restrictive abiotic factors in plant growth and yield in the world, especially in arid and semi-arid zones. In order to improve the acclimatization of plants to salt stress, several management strategies are studied, especially those with potential to improve the absorption and assimilation of nutrients. In this context, the present research aimed to study the effects of nitrate and ammonium ions on the attenuation of salt stress in zucchini plants (Caserta cv.) grown in a hydroponic system. The experiment was carried out in a greenhouse, in an experimental design of randomized blocks, arranged in a 2 x 5 factorial scheme, with 4 replications. The treatments consisted of two specific forms of nitrogen (nitrate - NO_3^- and ammonium - NH_4^+) and five levels of electrical conductivity of the irrigation water (ECw) (0.5, 2.0, 3.5, 5.0 e 6.5 dS m^{-1}). The plants were grown until the production phase in pots with capacity of 8 dm^3 , filled with coconut fiber-based substrate. The plants were evaluated for growth, gas exchange, chlorophyll a fluorescence, chloroplastidic pigments, percentage of leaf cell damage, aerial shoot composition and yield. The results were analyzed through analysis of variance, with significance being verified at the 5% probability level of the treatments using the F test. The results indicated that the exclusive nutrition with nitrogen in the form of NH_4^+ promotes reduction in the growth and accumulation of biomass of Italian zucchini plants. These plants present greater restrictions in the photochemical and photosynthetic efficiency than those fed with NO_3^- when grown under salinity conditions. In addition, they present premature death in the flowering phase, regardless of the saline stress condition. Nitrogen nutrition in the form of NO_3^- is indicated for the hydroponic cultivation of zucchini. Irrigation with water of electrical conductivity higher than 2.0 dS m^{-1} reduces growth, gas exchange, photochemical and non-photochemical efficiency, nutrient accumulation in the aerial part of plants and production of Italian zucchini. It is suggested to carry out other similar researches to deepen the knowledge under the possible potential of NO_3^- and NH_4^+ ions in the attenuation of salinity effects in zucchini and other cucurbit plants.

Keywords: *Cucurbita pepo* L.. Salinity. Nitrogen fertilization.

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Altura da planta (AP) (A e B), diâmetro do caule (DC) (C e D), área foliar (AF) (E e F) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) (G e H) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	31
Figura 2. Condutância estomática (gs) (A), transpiração (E) (B), taxa de assimilação de CO ₂ (A) (C), concentração interna de CO ₂ (Ci) (D), eficiência instantânea do uso da água (EiUA) (E) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) (F) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	34
Figura 3. Fluorescência inicial (Fo) (A), fluorescência variável (Fv) (B), eficiência quântica potencial (Fv/Fm) (C), eficiência fotoquímica no PSII (Fv/Fo) (D) e rendimento quântico basal dos processos fotoquímicos no PSII (Fo/Fm) (E) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	38
Figura 4. Fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fm') (A), taxa de transporte de elétrons (ETR) (B), eficiência quântica do PSII (Y(II)) (C), fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo') (D), coeficiente de extinção fotoquímico (qL) (E) e rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y(NPQ)) (F) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	42
Figura 5. Teor de clorofila b (A) e extravasamento de eletrólitos (B) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	45
Figura 6. Acúmulo de nitrogênio (N) (A e B), fósforo (P) (C e D), potássio (K) (E e F), cálcio (Ca) (G e H) e magnésio (Mg) (I e J) em plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	46
Figura 7. Acúmulo de sódio (Na) (A) relação sódio/potássio (Na/K) (B), relação sódio/cálcio (Na/Ca) (C e D) e relação sódio/magnésio (Na/Mg) (E e F) em	49

plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....

Figura 8. Número de frutos por planta (NFP) (A), massa média de frutos (MMF) (B), 51
diâmetro longitudinal de frutos (DLF) (C), diâmetro transversal de frutos (DTF) (D) e produção por planta (PP) (E) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....

LISTA DE TABELAS

	Pág
Tabela 1. Nutrientes utilizados na formulação da solução nutritiva utilizada no experimento.....	25
Tabela 2. Caracterização físico-química da água de abastecimento utilizada no preparo das soluções nutritivas.	25
Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) número de folhas (NF), área foliar (AF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	30
Tabela 4. Resumo da análise de variância para taxa de assimilação de CO ₂ (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO ₂ (Ci), eficiência instantânea do uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	33
Tabela 5. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv = Fm-Fo), máxima eficiência quântica do PSII (Fv/Fm), eficiência fotoquímica no PSII (Fv/Fo) e rendimento quântico basal dos processos fotoquímicos no PSII (Fo/Fm) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	37
Tabela 6. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fm'), taxa de transporte de elétrons (ETR), eficiência quântica do PSII (Y(II)), fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'), coeficiente de extinção fotoquímico (qL), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y(NPQ)) e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Y(NO)) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	40
Tabela 7. Resumo da análise de variância para clorofila a (CLO a), clorofila b (CLO b), carotenoides (CAROT) e extravasamento de eletrólitos de plantas de	44

	abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	
Tabela 8.	Resumo da análise de variância para o acúmulo de elementos minerais na parte aérea de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	46
Tabela 9.	Resumo da análise de variância para número de frutos por planta (NFP), massa média de frutos (MMF), diâmetro longitudinal de frutos (DLF), diâmetro transversal de frutos (DTF) e produção por planta (PP) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.....	50

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 A cultura da abobrinha italiana	17
2.2 Efeito dos sais nas plantas	18
2.3 Tolerância das plantas à salinidade	20
2.4 Interação salinidade e formas de nitrogênio	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Localização e caracterização da área experimental	25
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	25
3.3 Condução do experimento	25
3.4 Manejo da fertirrigação e drenagem	27
3.5 Variáveis analisadas	27
3.5.1 Crescimento	27
3.5.2 Variáveis fisiológicas	28
3.5.2.1 Trocas gasosas	28
3.5.2.2 Fluorescência da clorofila a	28
3.6 Variáveis bioquímicas	29
3.6.1 Extravasamento de eletrólitos.....	29
3.6.2 Pigmentos cloroplastídicos	29
3.7 Composição mineral da parte aérea	29
3.8 Produção	30
3.9 Análise estatística	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31

4.1 Crescimento.....	31
4.2 Trocas gasosas.....	33
4.3 Indução da fluorescência da clorofila a	37
4.3.1 Variáveis fotoquímicas	37
4.3.2 Variáveis não fotoquímicas	41
4.4 Variáveis bioquímicas	44
4.5 Composição mineral da parte aérea	46
4.6 Produção.....	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
LITERATURA CITADA.....	54

1 INTRODUÇÃO

O estresse salino é um dos fatores abióticos que mais limita o crescimento de plantas e o rendimento das culturas no mundo, principalmente em regiões áridas e semiáridas. Nessas regiões há o processo natural de salinização dos solos devido as condições ambientais predominantes e o problema ainda é intensificado devido a necessidade de utilização de irrigação para a produção agrícola, muitas vezes realizada com águas contendo grandes quantidades de sais solúveis (Munns & Gilliam, 2015; Cirillo et al., 2016; Acosta-Motos et al., 2017).

O uso de águas salinas na produção agrícola em áreas áridas e semiáridas ocorre devido a dificuldades da captação e armazenamento de água doce para a irrigação. Assim, tem sido comum a substituição de água doce superficial por água salobra oriundas de poços profundos, as quais apresentam como vantagem, menor custo de captação. Todavia, essas águas geralmente contém elevadas concentrações de sais, chegando a superar $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Dias et al., 2011; Medeiros et al., 2017).

Devido a essa problemática, vários estudos são conduzidos visando desenvolver estratégias de manejo que melhorem o desempenho das plantas em ambientes salinos, principalmente aquelas com potencial de melhorar a absorção e assimilação de nutrientes (Oliveira et al., 2010a; Santos et al., 2016; Sá et al., 2018). Dentre as estratégias, a nutrição nitrogenada com formas específicas de nitrogênio é uma estratégia promissora de aclimação das plantas a salinidade, e a interação entre esses dois fatores vêm proporcionando melhorias no crescimento, fisiologia e rendimento das plantas submetidas ao estresse salino (Santos et al., 2016; Sá et al., 2018).

Alguns estudos recentes apontam que determinadas formas específicas de nitrogênio podem interagir com a sensibilidade das plantas e sua tolerância ao estresse salino (Kant et al., 2007; Fernández-Crespo et al., 2012; Miranda et al., 2015). Essa interação pode ocorrer devido esse macronutriente desempenhar funções importantes no metabolismo das plantas, como funções estruturais, ser componente de aminoácidos, proteínas, enzimas, RNA, DNA, ATP, clorofila, dentre outras moléculas, e estar diretamente relacionado ao crescimento das plantas (Chaves et al., 2011).

Entretanto, apesar dos possíveis benefícios para a aclimação das plantas ao estresse salino, a literatura é divergente sobre a atuação das formas específicas de nitrogênio na atenuação dos efeitos da salinidade. Alguns autores defendem que isso ocorre devido a uma acumulação favorável de nitrogênio e/ou favorecimento da homeostase iônica (Miranda et al., 2015), enquanto outros preconizam que ocorre devido a minimização dos efeitos das espécies

reativas de oxigênio (Ashraf & Harris, 2004). Dessa forma, há a necessidade de investigações que visem elucidar se há benefícios reais da nutrição nitrogenada na aclimação das plantas ao estresse salino e como eles ocorrem.

Assim, com base na hipótese de que a forma como o nitrogênio é fornecido pode se constituir em uma estratégia de manejo para aclimação das plantas à salinidade, a presente pesquisa teve como objetivo estudar os efeitos dos íons nitrato e amônio na atenuação do estresse salino em plantas de abobrinha italiana cultivadas em sistema hidropônico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da abobrinha italiana

A abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) é uma planta da família das cucurbitáceas e sua origem é a região central do México. No Brasil é conhecida popularmente como 'abóbora de moita', 'abobrinha italiana' e 'abobrinha de tronco' (Filgueira, 2012). Tem ciclo de 50 a 80 dias, podendo ser cultivada em campo, tanto no verão, quanto na primavera (Carpes et al., 2008) e sua importância, relaciona-se, principalmente, ao valor alimentício e versatilidade culinária de seus frutos (Ramos et al., 2010).

A espécie apresenta hábito de crescimento ereto, apesar de seu caule ser herbáceo (Klosowski et al., 1999). As hastes são curtas e a planta forma uma típica moita, adaptando-se assim, em espaçamentos menores em relação a cucurbitáceas de ramas longas (Filgueira, 2012). Possui hábito de crescimento determinado, apresentando folhas recortadas com manchas prateadas no limbo (Sousa & Resende, 2014). Seus frutos, sempre colhidos imaturos, apresentam formato quase cilíndrico, com as extremidades afiladas, apresentando aproximadamente 20 cm de comprimento e pesando entre 200 e 250 gramas (Filgueira, 2012).

No Brasil, a cultura da abobrinha destaca-se entre as olerícolas pelo grande potencial para comercialização, pois pode ser produzida em todas as épocas do ano e possui boa aceitação no mercado consumidor (Klosowski et al., 1999; Azambuja et al., 2015). É uma das dez hortaliças de maior valor econômico, com importância econômica elevada, principalmente no centro e sul do país (Carpes et al., 2008; Couto et al., 2009). A produtividade média no país oscila em torno de 8 a 10 t ha⁻¹ (Filgueira, 2012), todavia, essa produtividade é muito variável em função do nível de tecnologias aplicadas (Puiatti & Silva, 2005). Streck et al. (2003) afirmam que a produtividade da abobrinha pode alcançar até mais que o dobro da relatada por Filgueira (2012).

A exploração da cultura ocorre principalmente em pequenas propriedades, onde há o predomínio de mão-de-obra familiar, o que contribui para a manutenção de agricultores em áreas rurais e estimula a geração de emprego e renda (Costa et al., 2015). Resultados preliminares do censo agropecuário de 2017 mostram que no Brasil existem cerca de 34.848 estabelecimentos agropecuários onde há cultivo de abobrinha, totalizando uma produção de 228.943 toneladas ao ano. A região Sudeste é a região brasileira onde encontra-se o maior número de estabelecimentos agropecuários em que há a cultivo dessa olerícola - cerca de 44,9%; enquanto a região Nordeste é a que apresenta o menor número - aproximadamente 7,5% (IBGE, 2018).

Quanto à sua reprodução, a planta é monoica, apresentando na mesma planta flores dos dois sexos, separadas espacialmente. As flores masculinas, em maior número na planta, são facilmente reconhecíveis, pois aparecem acima da folhagem no final de longos pecíolos e geralmente aparecem antes das femininas, havendo assim ausência de sincronização entre a abertura das primeiras flores femininas e das masculinas na mesma planta. As flores femininas também são facilmente reconhecíveis porque têm seu ovário bem destacado e semelhante ao formato do fruto (Fukushi, 2015).

A cultura se desenvolve e produz melhor em temperaturas amenas. Temperaturas elevadas podem acarretar em polinização e fecundação deficientes, ocasionando paralisação no desenvolvimento e queda dos frutos ou apodrecimento da ponta, todavia, há cultivares que tem apresentado bom rendimento em locais de temperatura um pouco mais elevada (Filgueira, 2012).

Em relação à salinidade, a cultura é considerada moderadamente sensível ao estresse salino. Apresenta salinidade limiar de $3,2 \text{ dS m}^{-1}$ e pode reduzir em até 9,4% seu rendimento com o incremento unitário da condutividade elétrica do extrato de saturação média da zona radicular (Maas, 1986; Dias et al., 2016), partindo do pressuposto que a cultura responde, primariamente, ao potencial osmótico da solução do solo ou substrato de cultivo (Dias et al., 2016).

2.2 Efeito dos sais nas plantas

O estresse salino é um dos fatores abióticos que mais limita o crescimento e a nutrição mineral de plantas em regiões de clima árido e semiárido (Dasgan et al., 2002; Farias et al., 2009). Nessas regiões, a disponibilidade de água de boa qualidade para irrigação é escassa, uma vez que o consumo humano é prioritário. Assim, as águas salinas são fontes hídricas essencialmente necessárias para manutenção da irrigação, entretanto, carecem de manejo adequado e da utilização de espécies tolerantes à salinidade (Freitas et al., 2010; Sá et al., 2015).

A salinidade afeta o desempenho das plantas devido ao efeito osmótico e iônico, promovendo modificações a nível celular, afetando o seu crescimento e, em casos extremos, provocando sua morte (Sairam & Tyagi, 2004; Taiz et al., 2017; Freitas et al., 2014).

O efeito osmótico é decorrente da redução do potencial osmótico promovido pela elevação da concentração salina no solo ou substrato de cultivo, resultando na diminuição da disponibilidade de água para as plantas (Gheyi, 2000; Viudes & Santos, 2014). Por sua vez, o acúmulo excessivo de sais nas plantas, principalmente cloreto de sódio, pode inibir o seu crescimento e produção devido à toxicidade iônica, desequilíbrios nutricionais ou ambos,

simultaneamente (Munns & Tester, 2008; Syvertsen & Garcia-Sanchez, 2014; Sá et al., 2015). Esses íons provocam mudanças nas relações Na^+/K^+ , $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ e $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$, resultando em toxicidade iônica, afetando a fotofosforilação, a cadeia respiratória, a assimilação de nutrientes e o metabolismo das proteínas e outros compostos orgânicos, o que provoca alterações em todo o metabolismo das plantas (Larcher, 2006; Ferreira et al., 2006; Ferreira-Silva et al., 2008; Viudes & Santos, 2014).

Pesquisas têm demonstrado que os processos de crescimento, desenvolvimento celular e fotossíntese são os primeiros a serem afetados pela salinidade (Munns et al., 2006). O estresse salino provoca alterações na morfologia das folhas e redução da condutância estomática, limitando assim as trocas gasosas das plantas, ocasionando prejuízos à difusão do CO_2 para os cloroplastos, o que tem como consequência a redução ou até mesmo a inibição do processo de fotossíntese (Centritto et al., 2003; Munns & Tester, 2008; Yousif et al., 2010). A redução da assimilação de CO_2 pelas plantas pode também resultar na diminuição da concentração e da eficiência da clorofila e no conteúdo de alguns íons essenciais, como Ca^{2+} e Mg^{2+} no mesófilo foliar (Netondo et al., 2004; Sá et al., 2015). Dependendo da intensidade e duração do estresse salino, pode haver ainda o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROS) nos cloroplastos, que podem causar fotoinibição e fotooxidação nessas organelas (Ashraf et al., 2009).

Resumidamente, os principais efeitos do estresse salino são causados pelo excesso de íons na rizosfera, limitando a extração de água pelas raízes e reduzindo o crescimento das plantas, enquanto os efeitos secundários são causados por desequilíbrio iônico resultando na inativação de enzimas, falta de nutrientes, toxicidade iônica nos tecidos e estresse oxidativo (Nazar et al., 2011; Khan et al., 2012). Por sua vez, o estresse oxidativo desencadeia a peroxidação lipídica, danos no DNA, inibição da fotossíntese e perturbação na dinâmica de transporte dos nutrientes minerais (Nazar et al. 2011; Turan & Tripathy, 2012; Huang, 2018). Desta forma, a salinidade afeta o estabelecimento, o crescimento e o desenvolvimento das plantas, levando a uma perda significativa de rendimento ou até mesmo a morte das plantas (Álvarez et al., 2012; Gómez-Bellot et al., 2013; Acosta-Motos et al., 2017).

Os efeitos da salinidade sobre as plantas dependem de vários fatores, como espécie, cultivar, estágio fenológico da planta, tipos de sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (Tester & Davenport, 2003; Nobre et al., 2010; Andréo-Souza et al., 2010; Oliveira et al., 2011). Algumas espécies vegetais chegam a ser favorecidas quando expostas a altas concentrações salinas (Tester & Davenport, 2003) e as diferenças existentes entre espécies com relação a tolerância à salinidade estão associadas ao desenvolvimento de mecanismos fisiológicos e bioquímicos, como o ajustamento osmótico, alterações nas vias fotossintéticas, síntese de osmólitos compatíveis e ativação de

sistemas antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos. Quando funcionam de forma eficiente, esses mecanismos aumentam a capacidade de sobrevivência das plantas em ambientes com concentrações elevadas de sais (Parida & Das, 2005; Munns & Tester, 2008; Freitas et al., 2014).

2.3 Tolerância das plantas à salinidade

A tolerância das plantas à salinidade consiste na capacidade destas em completar o seu ciclo de vida sobre um ambiente que contém altas concentrações de sais (Parida & Das, 2005). Trata-se de um processo complexo, envolvendo alterações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares (Cramer et al., 1994; Farias et al., 2009). Assim, a sobrevivência das plantas em ambientes salinos, entre outras coisas, pode exigir processos adaptativos envolvendo a absorção, transporte e distribuição de íons nos vários órgãos da planta e sua compartimentação dentro das células, e até mesmo a exclusão seletiva de íons pelo sistema radicular (Garcia et al., 2007).

Quanto à tolerância à salinidade, as plantas podem ser divididas em dois grandes grupos: halófitas e glicófitas. O primeiro grupo encontram-se aquelas que suportam altas concentrações de sais durante o seu desenvolvimento, enquanto no segundo grupo encontram-se as que apresentam menor resistência à salinidade (Holanda et al., 2011; Taiz et al., 2017). As halófitas apresentam tolerância devido a uma série de mecanismos, que é muito variável entre as espécies (Parida & Das, 2005; Oliveira et al., 2010b). As glicófitas, quando expostas à salinidade, indicam, entre outras coisas, sinais de inibição do desenvolvimento, crescimento, e perda de rendimento (Munns, 2002; Holanda et al., 2011).

Salvo algumas poucas exceções, como o coqueiro e a tamareira, a maioria das plantas cultivadas são glicófitas (Munns, 2002) e podem ser classificadas em tolerantes ou sensíveis à salinidade e o nível de tolerância, assim como os níveis de sais que são letais, varia grandemente entre as diferentes espécies vegetais e/ou até mesmo dentro de uma mesma espécie (Parida & Das, 2005; Oliveira et al., 2010b), da concentração e natureza iônica dos sais, período de exposição, estágio fenológico, disponibilidade de nutrientes, como N, P e K e sua interação (Ashraf & Harris 2004; Esteves & Suzuki, 2008).

Naturalmente, algumas espécies vegetais desenvolveram mecanismos que lhes garantem sobreviver em ambientes com grandes concentrações de sais (Farias et al., 2009). Podemos dividir esses mecanismos em quatro categorias: aqueles que minimizam a entrada do sal na planta e evitam a sua acumulação nas folhas - conhecidos como mecanismos de “exclusão do sal”; os que minimizam a quantidade de sal que se acumula no citosol através da

compartimentação dos íons Na^+ e Cl^- aos níveis celular e tecidual; aqueles que conferem à planta a capacidade de tolerar a componente osmótica do estresse salino através da acumulação nas células de uma diversidade de solutos (Munns & Tester, 2008); e os de defesa antioxidante, frequentemente induzido nas plantas como forma de se protegerem do estresse oxidativo associado à salinidade (Timperio et al., 2008). A importância relativa destes vários processos varia com a espécie e com o tempo de exposição à salinidade, a concentração e composição dos sais e as condições ambientais locais (Munns & Tester, 2008).

No desenvolvimento dos mecanismos de tolerância à salinidade, diversas estratégias bioquímicas e fisiológicas são utilizadas pelas plantas, dentre elas estão o acúmulo ou exclusão seletiva de íons; controle da absorção de íons pelas raízes e dos transportes em direção às folhas; compartimentalização de íons a nível celular e tecidual; síntese de solutos compatíveis; mudança da via fotossintética; alteração da estrutura da membrana; indução de enzimas antioxidantes e; indução de hormônios vegetais (Parida & Das, 2005).

Algumas estratégias utilizadas pelas plantas para suportar o estresse salino são baseadas em estruturas anatômicas ou envolvem um conjunto de células e/ou tecidos numa série coordenada de processos que requerem a organização estrutural que existe na planta, podendo ser ainda usadas estratégias intrínsecas à própria célula (Anil et al., 2007). Daí a tolerância à salinidade ser uma característica fisiologicamente complexa, pois envolve a regulação sincronizada de diferentes processos que operam nos diversos níveis de organização estrutural das plantas (Flowers, 2004).

Além das estratégias desenvolvidas pelas plantas, diversas estratégias de manejo visando melhorar a aclimação das plantas ao estresse salino são constantemente estudadas. Entre as principais estratégias abordadas na literatura encontram-se o uso do peróxido de hidrogênio (Azevedo Neto et al., 2005), aplicação exógena de prolina (Sá et al., 2016), aplicação exógena de fitormônios (Siddiqui et al., 2008; Jung e Park, 2011; Khan et al., 2012; Gurmani et al., 2013; Wu et al., 2013), aplicação de biofertilizantes (Oliveira et al., 2013), aplicação exógena de ácido salicílico (Wasti et al., 2012; Elwan et al., 2014) e manejo da nutrição nitrogenada (Lima et al., 2014), fosfatada (Oliveira et al., 2010c), potássica (Gurgel et al., 2010a) e cálcica (Guimarães et al., 2011) de forma isolada ou de forma combinada (Sá et al., 2018). Ainda, devido ao nitrogênio desempenhar função estrutural de diversos compostos metabólicos, dentre eles os responsáveis pelo ajuste osmótico, a interação salinidade e fontes de adubos nitrogenados vem sendo abordada recentemente na literatura como uma estratégia promissora para atenuar os efeitos da salinidade (Oliveira et al., 2010a).

2.4 Interação salinidade e formas de nitrogênio

O nitrogênio é quantitativamente o nutriente essencial mais requerido pela maioria das plantas, e um fator limitante importante no crescimento e rendimento das culturas (Hirel et al., 2007; Bauwe et al., 2010; Sobolev et al., 2010; McAllister et al., 2012; Xu et al., 2012; Andújar et al., 2013). A nutrição adequada com nitrogênio é essencial para um crescimento normal e, em condições naturais, as duas principais formas de nitrogênio absorvidas pelas plantas são os íons amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) (Helali et al., 2010).

Os efeitos do NH_4^+ e NO_3^- na nutrição e crescimento das plantas são intensamente abordados na literatura, mas os resultados muitas vezes são divergentes e dependem principalmente, entre outros fatores, das espécies de plantas. Algumas espécies como feijão, milho e trigo respondem melhor a nutrição com NO_3^- , enquanto arroz e pinho respondem melhor a nutrição com NH_4^+ (Britto e Kronzucker, 2002; Miranda et al., 2015). Há ainda várias espécies de plantas que apresentam melhor crescimento quando o nitrogênio é fornecido com diferentes proporções de NH_4^+ e NO_3^- , em comparação com o crescimento em uma só forma de nitrogênio (Siddiqi et al., 2002). Todavia, existem diferenças substanciais entre espécies vegetais na medida em que os níveis de NH_4^+ na mistura $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ é benéfica (Flores et al. 2001; Kant et al., 2007).

Em condições de alta salinidade, geralmente ocorre a diminuição da absorção e assimilação de nitrogênio pelas plantas, devido a competição entre os íons NO_3^- e Cl^- (cloreto) (Dubey et al., 2001; Drihem & Pilbeam, 2002).

Além de seu importante papel no aprimoramento de crescimento e rendimento, a fertilização com nitrogênio também pode mitigar os efeitos deletérios da salinidade sobre as plantas. (Flores et al., 2001). Estudos apontam que a disponibilidade de formas específicas de nitrogênio pode interagir com a sensibilidade da planta e tolerância ao estresse salino (Ehltling et al. 2007; Kant et al. 2007; Fernández-Crespo et al. 2012; Miranda et al., 2015), entretanto, o efeito é fortemente dependente da espécie vegetal, da duração e intensidade do estresse (Siddiqi et al., 2002; Hessini et al., 2013).

A redução dos efeitos da salinidade nos vegetais provocada pela forma de nitrogênio disponível pode ser atribuída, entre outros fatores, às funções do nitrogênio nas plantas, haja vista que esse elemento desempenha função estrutural, fazendo parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas, entre outros (Flores et al., 2001; Oliveira et al., 2010a; Oliveira et al., 2014a). O acúmulo de compostos orgânicos como aminoácidos e carboidratos solúveis eleva a capacidade de ajustamento osmótico das plantas,

promovendo sua aclimação à salinidade e aumentando sua resistência ao estresse salino (Lacerda et al., 2003; Silva et al., 2008; Oliveira et al., 2010a).

Para a maioria das espécies vegetais, em condições normais, quando o nitrogênio é fornecido exclusivamente na forma de NH_4^+ , seu crescimento costuma ser prejudicado. Por isso, apesar de haver um gasto energético maior para sua assimilação, o NO_3^- é a forma preferida pela maioria das plantas (Siddiqi et al. 2002). Entretanto, sob condições de estresse salino, o uso de NO_3^- como única forma de nitrogênio pode não ser benéfica para o crescimento da planta, pois a salinidade leva a diminuição do conteúdo de nitrogênio devido à perturbação do sistema de absorção de nitratos das plantas (Botella et al, 1994; Hessini et al., 2013). Assim, sob essas condições, estudos têm demonstrado que o NH_4^+ , ou seus produtos associados de assimilação (aminoácidos, principalmente glutamina ou glutamato), podem mitigar os efeitos da salinidade. Essas moléculas atuam como sinalizadoras, ativando vias metabólicas associadas ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROS) (Misra e Gupta 2006; Hessini et al. 2009).

As EROS são altamente reativas e na ausência de qualquer mecanismo de eliminação, podem provocar grandes alterações no metabolismo normal das plantas através de dano oxidativo a lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (Foyer & Noctor, 2005). No entanto, apesar de causarem danos oxidativos quando presente em altas concentrações, a formação transitória de EROS pode desempenhar um papel de sinalização protetora em curto prazo (Dat et al., 2000), favorecendo assim o processo de aclimação das plantas ao estresse salino (Marí et al., 2009; Fernández-Crespo et al. 2012).

Entretanto, o estudo da interação salinidade e nutrição nitrogenada é uma abordagem recente na literatura e os resultados são divergentes em relação aos benefícios proporcionados pelas formas de nitrogênio na atenuação dos efeitos da salinidade. Estudos de Miranda et al. (2015) revelaram que a nutrição nitrogenada exclusiva com NH_4^+ aumentou a tolerância à salinidade em plantas de *Sorghum bicolor*. Os autores associaram esse avanço a um melhor desempenho fotossintético das plantas sob essa condição de nutrição, o que reflete no alívio do efeito tóxico do Na^+ e um teor estratégico de nitrogênio estrutural. Fernández-Crespo et al. (2012) também verificaram que a nutrição exclusiva com NH_4^+ aumenta a resistência ao estresse salino em plantas cítricas.

Resultados promissores com a nutrição nitrogenada exclusiva com NH_4^+ em condição de alta salinidade também têm sido constatados em halófitas. Hessini et al. (2013) verificaram que nessa condição o NH_4^+ é mais favorável para o crescimento de *Spartina alterniflora* do que NO_3^- . Os autores sugerem que a nutrição com NH_4^+ melhora a capacidade da planta de limitar danos oxidativos, estimulando as atividades das principais enzimas antioxidantes.

Por outro lado, Abdolzadeh et al. (2008) constataram que sob condições de salinidade, plantas de *Nerium oleander* cresceram mais rapidamente quando foram nutridas exclusivamente com nitrogênio na forma de NO_3^- . Os autores creditam essa diferença a uma menor acumulação de Na^+ e Cl^- na parte aérea das plantas quando estas foram nutridas com a referida forma de nitrogênio. Dluzniewska et al. (2006) também verificaram que sob condições salinas, plantas de *Populus × canescens* tiveram seu metabolismo prejudicado quando na presença de nutrição com NH_4^+ em comparação às plantas nutridas com nitrogênio nítrico. Dias et al. (2018a) concluíram que plantas de gergelim apresentaram maior taxa de assimilação de CO_2 quando foram nutridas exclusivamente com NO_3^- .

Estudos também têm demonstrado que a nutrição nitrogenada com diferentes proporções de NO_3^- e NH_4^+ pode ser benéfica para plantas submetidas ao estresse salino. Kant et al. (2007) verificaram que a nutrição com $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (25:75) provocou uma redução dos efeitos deletérios da salinidade no crescimento da cevada. Os autores acreditam que essa redução pode ter sido devido ao menor custo energético da assimilação de nitrogênio com NH_4^+ em oposição à nutrição com NO_3^- . Andújar et al. (2013) constataram que plantas de tomate atingiram estabilidade em seu crescimento sob $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ 3,5/3.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O ensaio foi conduzido no período de maio a julho de 2018 em casa de vegetação pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, localizada no campus Leste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró-RN (5°11' S e 37°20' W, e 18 m de altitude). A casa de vegetação era formada por uma cobertura na forma de arco, com 6,4 m de largura, 18 m de comprimento e pé direito de 3,0 m, coberta com filme de polietileno de baixa densidade com aditivo anti-ultravioleta e espessura de 150 µm, protegida nas laterais com malha negra 50%.

O clima predominante na área de estudo é o Tropical de Zona Equatorial, com três subtipos de clima (semiárido brando, semiárido mediano e semiárido forte) (Diniz & Pereira, 2015), apresentando uma precipitação média de 673,9 mm ano⁻¹ e uma média anual de temperatura de 27 °C (Carmo Filho & Oliveira, 1995).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Adotou-se delineamento experimental de blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 2 × 5, com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais, onde cada unidade experimental continha 3 plantas. Os tratamentos consistiram de duas formas de nitrogênio (Nitrato - NO₃⁻ e Amônio - NH₄⁺) e cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) (0,5; 2,0; 3,5; 5,0 e 6,5 dS m⁻¹).

3.3 Condução do experimento

As plantas de abobrinha italiana (cv. Caserta) foram cultivadas até a fase de produção em vasos plásticos de 8 dm³, preenchidos com substrato a base de fibra de coco. Em sua parte inferior colocou-se uma camada de 2 cm de brita + geotêxtil para evitar que houvesse a perda de substrato. O substrato foi umedecido com água de abastecimento de modo a deixá-lo próximo à capacidade máxima de retenção de água e, em seguida, à semeadura, a uma profundidade de 3 cm, em que foi colocado quatro sementes por vaso. Com o intuito de evitar o contato direto dos vasos com o piso da casa de vegetação, bem como para facilitar a drenagem,

os mesmos foram colocados sobre um suporte (tijolos).

Aos 12 dias após o semeio (DAS), quando as plantas estavam estabelecidas, iniciou-se a fertirrigação com solução nutritiva formulada com base na recomendação de Furlani et al. (1999), modificada para conter nitrogênio somente sob a forma de NO_3^- e somente sob a forma de NH_4^+ (Tabela 1). Para evitar a nitrificação do NH_4^+ , colocou-se inibidor de nitrificação nesta solução, garantindo assim a absorção do nitrogênio exclusivamente na forma amoniacal. No preparo das soluções, utilizou-se água proveniente do sistema de abastecimento do Campus Leste da UFERSA (Tabela 2), acrescidas de sais de cloreto de sódio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio na proporção 7:2:1 até atingir as concentrações de sais estudadas.

Quando as plantas atingiram a fase de floração (35 DAS) procedeu-se a polinização, realizada de forma manual, sempre nas primeiras horas da manhã.

Tabela 1. Nutrientes utilizados na formulação da solução nutritiva utilizada no experimento.

Solução estoque	Concentração (g L^{-1})	100% NO_3^-	100% NH_4^+
KNO_3 a 1 M	101,10	6 mL L^{-1}	-
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ a 1M	164,09	5 mL L^{-1}	-
MgSO_4 a 1M	120,37	2,5 mL L^{-1}	2,5 mL L^{-1}
KH_2PO_4 a 1M	136,09	1,5 mL L^{-1}	-
Fe-EDTA*	-	1 mL L^{-1}	1 mL L^{-1}
Micronutrientes**	-	1 mL L^{-1}	1 mL L^{-1}
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a 1M	132,14	-	6 mL L^{-1}
NH_4HPO_4	115,06	-	1,5 mL L^{-1}
NH_4Cl a 1M	53,49	-	2,5 mL L^{-1}
KCl a 1M	74,55	-	1,5 mL L^{-1}
K_2SO_4 a 0,5 M	87,13	-	6 mL L^{-1}
CaCl_2 a 1 M	110,98	-	5 mL L^{-1}

Adaptada de Furlani et al. (2009)

*(EDTA dissódico + $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); **(H_3BO_3 + MnSO_4 + ZnSO_4 + CuSO_4 + H_2MO_4)

Tabela 2. Caracterização físico-química da água de abastecimento utilizada no preparo das soluções nutritivas.

Parâmetros									
pH	CE	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	RAS
H_2O	dS m^{-1}	-----mmol _e L ⁻¹ -----							
7,57	0,54	0,31	3,79	1,20	0,83	2,40	0,60	3,20	4,90

pH (H_2O) - Potencial hidrogeniônico em água; CE - Condutividade elétrica; K^+ - Potássio; Na^+ - Sódio; Mg^{2+} - Magnésio; Ca^{2+} - Cálcio; Cl^- - Cloro; CO_3^{2-} - Carbonato; HCO_3^- - Bicarbonato; RAS - Razão de adsorção de sódio

3.4 Manejo da fertirrigação e drenagem

A partir do semeio até o décimo segundo dia, irrigou-se as plantas com água de abastecimento e, a partir de então, iniciou-se a fertirrigação com a solução nutritiva. As aplicações, tanto de água como de solução nutritiva, eram feitas duas vezes ao dia (no início da manhã e no final da tarde), aplicando-se volume necessário para repor as perdas ocorridas por evapotranspiração, onde a lâmina aplicada era calculada pela diferença entre a lâmina aplicada e a lixiviada (lisimetria) em vasos destinados para este fim. Para tal aplicações, utilizou-se sistema de irrigação por gotejamento com gotejadores autocompensantes de vazão de 1,4 L h⁻¹.

3.5 Variáveis analisadas

3.5.1 Crescimento

Aos 25 dias após o semeio avaliou-se o crescimento das plantas, determinando-se altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e fitomassa seca da parte aérea.

A altura da planta (AP) foi mensurada do colo da planta à gema apical utilizando-se uma trena; para o diâmetro do caule (DC) utilizou-se um paquímetro digital com leituras realizadas a 2 cm acima do colo da planta; na contagem do número de folhas (NF) foram consideradas as folhas que apresentavam comprimento mínimo de 5 cm e, para área foliar (AF), foram consideradas todas as folhas que apresentavam largura mínima de 5 cm e a estimativa foi calculada pela equação sugerida por Fialho et al. (2011).

$$AF = 47,3647 + 0,6211L^2 \quad \text{Eq. 1}$$

em que:

L = Largura da folha, cm.

Para determinação da fitomassa seca da parte aérea (FSPA), uma planta de cada unidade experimental foi cortada rente à superfície do substrato. Posteriormente, foram acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem peso constante, onde em seguida, foram pesadas em balança digital eletrônica.

3.5.2 Variáveis fisiológicas

3.5.2.1 Trocas gasosas

As trocas gasosas das plantas foram mensuradas na terceira folha a partir do ápice com o auxílio de um analisador de gás infra-vermelho (“LCPro +” - ADC Bio Scientific Ltd.) operando com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 μmol de fótons $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e vazão de ar de 200 mL min^{-1} no nível atmosférico de CO_2 , para obter as seguintes variáveis: taxa de assimilação de CO_2 (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO_2 (Ci). Estes dados foram utilizados para quantificar a eficiência instantânea do uso da água - A/E (EiUa) e eficiência instantânea de carboxilação - A/Ci (EiCi) (Silva et al., 2014).

3.5.2.2 Fluorescência da clorofila *a*

No início da fase de floração, foi avaliada a fluorescência da clorofila *a*, usando-se o equipamento fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; utilizou-se o protocolo Fv/Fm para avaliações em condições de escuro. Nessas condições, estimou-se as seguintes variáveis de indução de fluorescência: fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$), máxima eficiência quântica do PSII (F_v/F_m), rendimento quântico basal dos processos fotoquímicos no FSII (F_o/F_m) e a eficiência fotoquímica no FSII (F_v/F_o) (Genty et al., 1989); o protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período 12 horas, fazendo-se leituras ao amanhecer, usando-se de um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, para que os centros de reação estivessem abertos.

Ainda com o uso do fluorômetro de pulso modulado, procederam-se as avaliações em condições de claro, por meio do protocolo Yield. Para obtenção das leituras, aplicou-se uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip) visando estimar as seguintes variáveis: fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F_m'), taxa de transporte de elétrons (ETR) e eficiência quântica do fotossistema II (PS II) (Y(II)). De posse desses dados, determinou-se: fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (F_o'), usando-se a equação 2; o coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (qL), usando-se a equação 3; o rendimento quântico de extinção fotoquímica

regulada (Y(NPQ)), usando-se a equação 4 e; o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Y(NO)) com uso da equação 5. As equações estão descritas a seguir:

$$F_o' = [F_o/(F_m - F_o)/F_m + (F_o/F_m)'] \quad \text{Oxborough \& Baker, (1997) (eq. 2)}$$

$$qL = (F_m' - F')/(F_m' - F_o') * (F_o')/(F') \quad \text{Kramer et al., (2004) (eq. 3)}$$

$$Y(NPQ) = (F'/F_m') - (F'/F_m) \quad \text{Kramer et al., (2004) (eq. 4)}$$

$$Y(NO) = F'/F_m \quad \text{Kramer et al., (2004) (eq. 5)}$$

3.6 Variáveis bioquímicas

3.6.1 Extravasamento de eletrólitos

O grau de integridade das membranas foi estimado pelo extravasamento de eletrólitos (EE) de acordo com metodologia descrita por Singh et al. (2007).

3.6.2 Pigmentos cloroplásticos

Das mesmas folhas utilizadas para a determinação do extravasamento de eletrólitos foram retirados discos foliares de 0,625 cm de diâmetro para a determinação dos seguintes pigmentos cloroplásticos: clorofila *a* (CLO a), clorofila *b* (CLO b) e carotenoides (CAROT). A extração dos pigmentos foi realizada em solução de dimetilsulfóxido saturada com CaCO₃, seguindo metodologia descrita por Wellburn (1994).

3.7 Composição mineral da parte aérea

A análise da composição mineral da parte aérea das plantas foi realizada por digestão úmida. Para tais análises, utilizou-se metodologia descrita pela EMBRAPA (2009) para a determinação dos teores dos elementos fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na) e metodologia citada por Tedesco et al. (1995), com algumas adaptações da EMBRAPA (2009) para determinação do teor de nitrogênio. De posse desses dados,

quantificou-se o acúmulo dos elementos por meio da interpolação do teor do nutriente por grama da amostra e extrapolado para a quantidade de gramas por planta e as relações entre a concentração de Na e os elementos catiônicos K, Ca e Mg (Na/ K, Na/Ca e Na/Mg).

3.8 Produção

Ao final do experimento, a produção das plantas foi medida por meio da avaliação do número de frutos por planta (NFP), massa média de frutos (MMF), diâmetro longitudinal dos frutos (DLF), diâmetro transversal dos frutos (DTF) e da produção por planta (PP).

3.9 Análise estatística

As características avaliadas foram analisadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR, versão 5.6 (Ferreira, 2014), obtendo-se as variâncias (ANOVA) e verificando-se as significâncias ao nível de 5 e 1% de probabilidade dos tratamentos por meio do teste F. Quando houve significância, procedeu-se à análise de regressão para a CEa e teste de média (Tukey à 5% de probabilidade) para as formas de nitrogênio e quando foi detectado interação significativa entre os fatores, realizou-se o desdobramento unilateral do fator CEa dentro de cada forma de nitrogênio, por meio de análise de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento

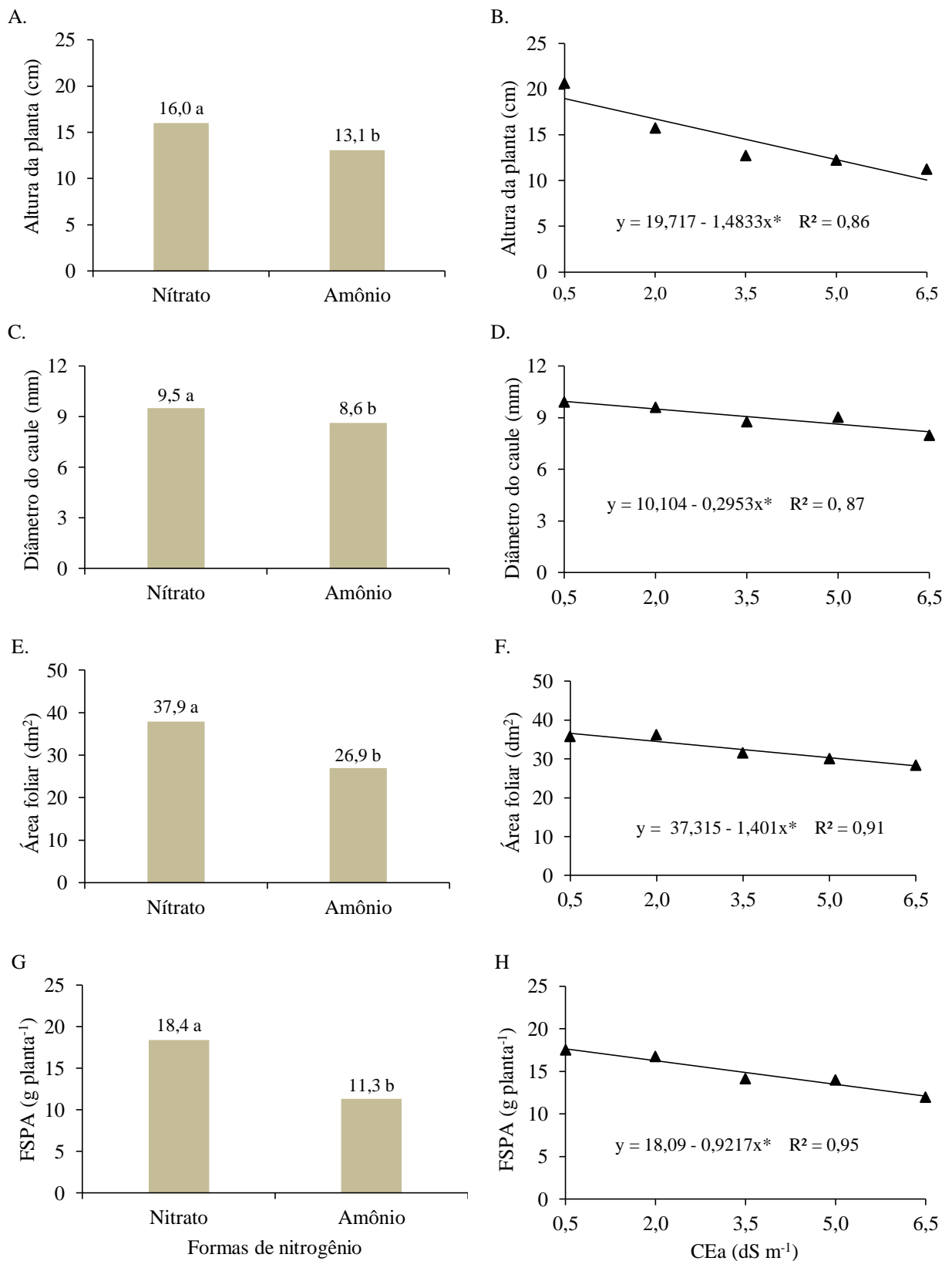
De acordo com a ANOVA, houve efeito significativo ($p < 0,01$) dos fatores isolados formas de nitrogênio e condutividade elétrica da água (CEa) para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) da abobrinha e, para a área foliar (AF) houve influência significativa ($p < 0,01$) para as formas de nitrogênio e para a CEa ($p < 0,05$). O número de folhas não foi influenciado pelas fontes de variação testadas (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) número de folhas (NF), área foliar (AF) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		AP	DC	NF	AF	FSPA
Bloco	3	0,29 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,13 ^{ns}	19,78 ^{ns}	6,55 ^{ns}
Formas de nitrogênio (FN)	1	87,03**	7,96**	2,50 ^{ns}	1203,41**	503,04**
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	115,52**	4,53**	0,78 ^{ns}	96,93*	40,37**
FN x CEa	4	7,53 ^{ns}	1,39 ^{ns}	1,38 ^{ns}	35,83 ^{ns}	5,42 ^{ns}
Resíduo	27	3,18	0,79	1,34	37,29	4,94
Média geral		Cm	mm	Unid	dm ²	g planta ⁻¹
		14,5	9,07	10,0	32,4	14,9
CV (%)		12,3	9,8	10,0	18,8	14,9

** , * e ^{ns} = Significativo a 1% ($p < 0,01$), a 5% ($p < 0,05$) e não significativo ($p > 0,05$), respectivamente, de acordo com o teste F; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

As variáveis AP, DC, AF e FSPA das plantas de abobrinha nutridas com NH_4^+ foram reduzidas em 18,4, 9,5, 28,8 e 38,6%, respectivamente, em relação às plantas nutridas com NO_3^- (Figuras 1A, C, E e G). Quanto ao efeito da salinidade, constatou-se que a CEa reduziu linearmente o crescimento da abobrinha, sendo registrado reduções de 1,48 cm, 0,30 mm, 1,40 dm² e 0,92 g por dS m⁻¹ para as variáveis AP, DC, AF e FSPA. Em termos percentuais, o aumento da salinidade de 0,5 para 6,5 dS m⁻¹ reduziu em 46,9% a altura de plantas, 17,8% o diâmetro do caule, em 24,8% a área foliar e em 31,4% a fitomassa seca da parte aérea das plantas de abobrinha italiana (Figuras 1B, D, F e H).



Letras diferentes indicam diferença pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 1. Altura da planta (AP) (A e B), diâmetro do caule (DC) (C e D), área foliar (AF) (E e F) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) (G e H) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

Alguns estudos recentes apontam que o NH_4^+ pode ser capaz de mitigar os efeitos da salinidade sob o crescimento de algumas espécies, como *citrus*, *Spartina alterniflora* e *Sorghum bicolor* (Fernández-Crespo et al., 2012; Hessini et al., 2013; Miranda et al., 2015). Todavia, há estudos indicando fontes nítricas como mais favoráveis ao crescimento das plantas cultivadas sob condição de salinidade, como observado para *Nerium oleander* e *Arabidopsis thaliana* (Abdolzadeh et al., 2008; Helali et al., 2010). Com base nessas informações, constata-se que a resposta das plantas às formas de nitrogênio é intrínseca às espécies e que o fornecimento de nitrogênio exclusivamente na forma amoniacal apresenta efeito deletério sobre o crescimento da abobrinha italiana, independente da condição de estresse salino.

As reduções no crescimento das plantas de abobrinha italiana em função do aumento da CEA ocorreram, possivelmente, devido à limitação na extração de água pelas raízes provocada pelo aumento do potencial osmótico da solução nutritiva, como também devido ao desequilíbrio e toxicidade iônica provocada pelo excesso de sais em seus tecidos, principalmente de cloreto de sódio (Neves et al., 2009; Nazar et al., 2011; Khan et al., 2012; Turan & Tripathy, 2012; Huang, 2018).

Estudos realizados por Roupael et al. (2017) corroboram com os resultados obtidos na presente pesquisa; os referidos autores verificaram reduções de 46,7 e 47,8% na área foliar e fitomassa seca da parte aérea, respectivamente, de plantas de abobrinha italiana submetidas à salinidade de 6 dS m^{-1} em sistema hidropônico.

Segundo Acosta-Motos et al. (2017) a redução da área foliar é a resposta mais precoce das plantas glicófitas expostas ao estresse salino. Essa resposta pode ser considerada como um mecanismo de fuga, o que minimiza a perda de água pela transpiração (Ruiz-Sánchez et al., 2000), favorecendo assim a retenção de íons tóxicos nas raízes, limitando o seu acúmulo na parte aérea da planta (Munns e Téster, 2008; Acosta-Motos et al., 2017). Como consequência, a redução da área foliar poderá afetar a fotossíntese, resultando na redução do crescimento das plantas (Nazar et al. 2011; Turan e Tripathy, 2012; Acosta-Motos et al., 2017; Huang, 2018), fato constatado para as demais variáveis de crescimento na presente pesquisa.

4.2 Trocas gasosas

A interação entre os fatores formas de nitrogênio e condutividade elétrica da água foi significativa ($p < 0,01$) para as variáveis taxa de assimilação de CO_2 (A), concentração interna de CO_2 (Ci) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi). Além disso, para as variáveis condutância estomática (gs), transpiração (E) e eficiência instantânea do uso da água (EiUA) das plantas de abobrinha italiana ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO₂ (A), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência instantânea do uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio					
		gs	E	A	Ci	EiUA	EiCi
Bloco	3	0,0007 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,12 ^{ns}	367,23 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,000007 ^{ns}
Formas de nitrogênio (FN)	1	0,0046*	0,529*	20,39**	54686,02**	0,25 ^{ns}	0,003386**
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	0,0204**	3,023**	84,17**	2448,53*	2,09*	0,007761**
FN x CEa	4	0,0036*	0,303*	24,50**	8314,71**	2,06*	0,001188**
Resíduo	27	0,0010	0,083	1,87	879,34	0,53	0,000072
Média geral		$\frac{\text{mol de H}_2\text{O}}{\text{m}^2 \text{ s}^{-1}}$	$\frac{\text{mol de H}_2\text{O}}{\text{m}^2 \text{ s}^{-1}}$	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\mu\text{mol mol}^{-1}$	$[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}]$	$[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$
		0,08	1,37	6,22	223,33	4,42	0,03
CV (%)		39,5	21,0	22,0	13,3	16,4	28,1

** , * e ^{ns} = Significativo a 1% (p<0,01), a 5% (p<0,05) e não significativo (p>0,05), respectivamente, de acordo com o teste F; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

Todas as variáveis de trocas gasosas das plantas de abobrinha italiana nutridas com NH₄⁺ foram reduzidas linearmente com o aumento da CEa, sendo averiguado reduções de 1705,3, 256,8, 452,4, 41,0, 69,3 e 362,4% para as variáveis condutância estomática, transpiração, taxa de assimilação de CO₂, concentração interna de CO₂, eficiência instantânea do uso da água e eficiência instantânea da carboxilação, respectivamente, ao comparar os níveis da CEa de 0,5 e 6,5 dS m⁻¹ (Figuras 2A, B, C, D, E e F).

As plantas que receberam nutrição exclusivamente com NO₃⁻, também tiveram as trocas gasosas reduzidas pelo aumento da CEa, entretanto, com reduções mais brandas, na ordem de 246,4, 240,9, 302,7, 27,4 e 353,1 % para as variáveis condutância estomática, transpiração, taxa de assimilação de CO₂, eficiência instantânea do uso da água e eficiência instantânea da carboxilação, respectivamente, ao comparar os níveis de CEa de 0,5 e 6,5 dS m⁻¹ (Figuras 2A, B, C, E e F).

Constatou-se reduções potenciais para a condutância estomática, taxa de assimilação de CO₂ e eficiência instantânea de carboxilação das plantas de abobrinha nutridas exclusivamente com fontes nítricas, em que ocorre uma queda acentuada nos valores dessas variáveis até a CEa de 2,0 dS m⁻¹ e, a partir desta CEa, as reduções são menores até a CEa de 6,5 dS m⁻¹. Esse comportamento indica que as plantas ativaram mecanismos de tolerância, como a redução da condutância estomática, até mesmo em nível de salinidade relativamente baixo (2,0 dS m⁻¹) e, a partir de então, conseguiram se aclimatar ao estresse até CEa mais altas (até 5,0 dS m⁻¹), apresentando pequenas restrições (Figuras 2A, C e F).

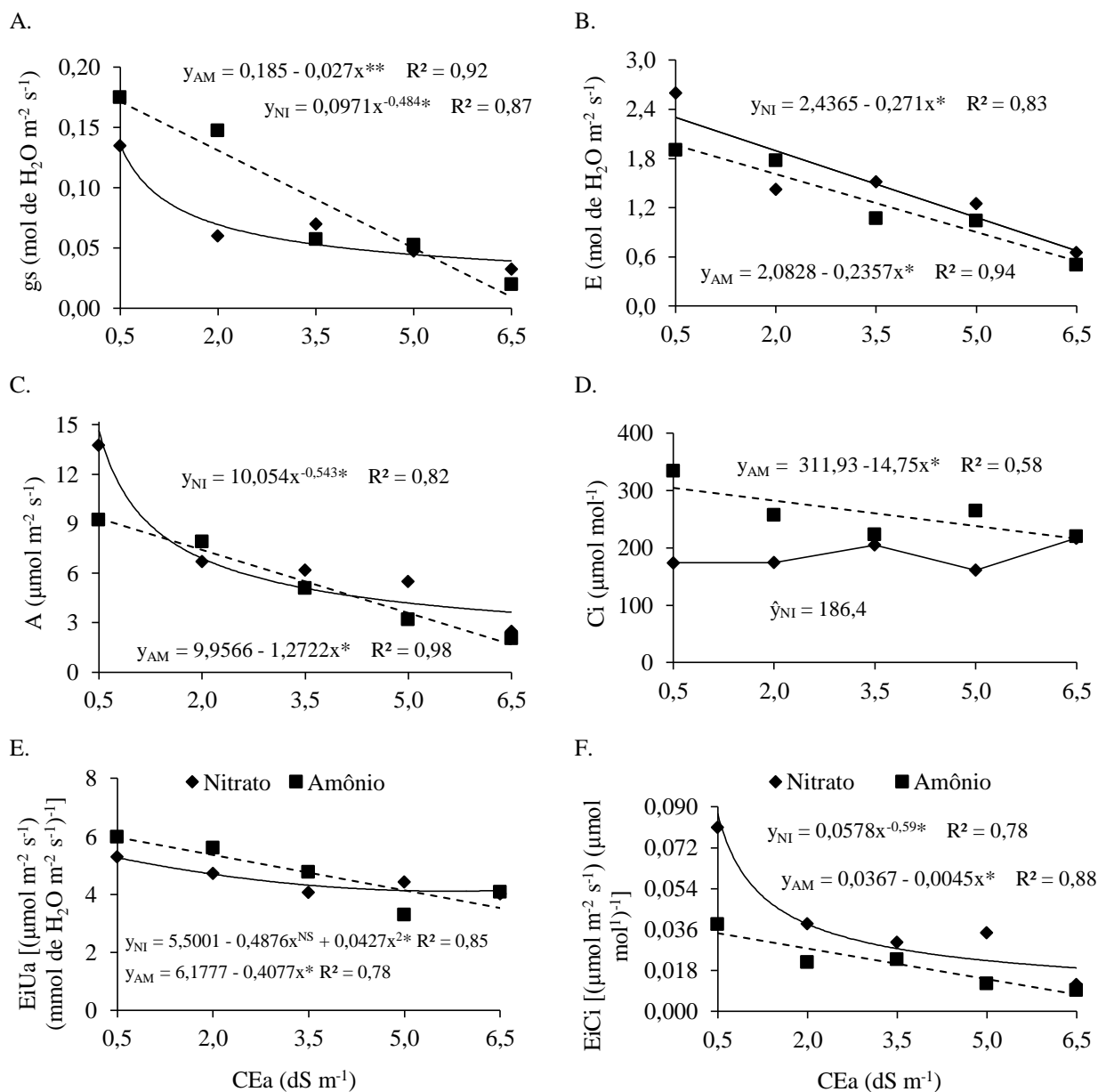


Figura 2. Condutância estomática (gs) (A), transpiração (E) (B), taxa de assimilação de CO₂ (A) (C), concentração interna de CO₂ (Ci) (D), eficiência instantânea do uso da água (EiUA) (E) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) (F) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

Os valores obtidos para transpiração e assimilação de CO₂ na presente pesquisa estão de acordo com os reportados por Rouphael et al. (2017). Em ambiente protegido, os referidos autores constataram reduções de 37,4% nos valores da transpiração e 53,8% nos valores da assimilação de CO₂ em plantas de abobrinhas submetidas à salinidade de 6 dS m⁻¹, demonstrando assim que a salinidade afeta as trocas gasosas de plantas de abobrinha italiana. Reduções na assimilação de CO₂ implicam em menor crescimento das plantas, fato constatado para todas as variáveis de crescimento (Figura 1), principalmente nas plantas nutridas exclusivamente com NH₄⁺ (Figuras 1A, C, E e G).

No presente estudo, as plantas de abobrinha nutridas com NO_3^- apresentaram trocas gasosas mais favoráveis ao seu crescimento do que as plantas nutridas com NH_4^+ , indicada pelos maiores valores de transpiração, assimilação de CO_2 e eficiência instantânea de carboxilação e menores valores de concentração interna de CO_2 . No entanto, a literatura sobre a influência das formas de nitrogênio na atenuação dos efeitos proporcionados pelo estresse salino nas trocas gasosas das plantas é divergente e muito variável entre as espécies, necessitando assim de mais investigações.

Pesquisas conduzidas por Miranda et al. (2015) indicaram que plantas de *Sorghum bicolor* submetidas a altos níveis salinos ($7,5 \text{ dS m}^{-1}$) e nutridas exclusivamente com NH_4^+ apresentaram maior capacidade de tolerar os efeitos do que as plantas nutridas exclusivamente com NO_3^- ou com diferentes proporções das duas formas de nitrogênio. Os autores associaram essa tolerância à maior eficiência fotossintética das plantas nutridas com NH_4^+ , pois mesmo apresentando condutância estomática mais baixa do que as plantas nutridas com NO_3^- , suas taxas de assimilação de CO_2 e transpiração foram superiores. Kant et al. (2007) também encontraram resultados similares em plantas de cevada. Por outro lado, Dias et al. (2018a) detectaram que plantas de gergelim submetidas à irrigação com águas salinas apresentam trocas gasosas mais favoráveis ao seu crescimento na presença exclusiva da nutrição com forma de nitrogênio nítrica do que na presença exclusiva de nitrogênio amoniacal.

Nítidamente, houve reduções nas trocas gasosas das plantas de abobrinha italiana com o incremento da salinidade, principalmente nas plantas nutridas com forma de nitrogênio amoniacal (Figuras 2A, B, C, D, E e F). Essas reduções estão diretamente relacionadas às reduções nos valores da condutância estomática, haja vista que os estômatos são responsáveis por regular a atividade de trocas gasosas das plantas (Freire et al., 2014; Sousa et al., 2016; Taiz et al., 2017). Esse fenômeno é tido como o principal mecanismo de tolerância das espécies ao estresse salino visando reduzir a taxa transpiratória. Como consequência, a absorção de água e de sais também é reduzida (Dias et al., 2018b), resultando em menores taxas fotossintéticas (Silva et al., 2013), que por sua vez restringem o crescimento e o acúmulo de biomassa na maioria das espécies glicófitas expostas ao estresse salino (Bezerra et al., 2018).

As plantas de abobrinha nutridas com nitrogênio nítrico também sofreram influência direta de fatores estomáticos atuando sobre a atividade de trocas gasosas. Consequentemente, com a redução da condutância estomática também ocorreram restrições nas demais variáveis de trocas gasosas, principalmente na taxa de assimilação de CO_2 (Figuras 2A, B, C, E e F). Entretanto, a estabilidade da concentração interna de CO_2 , associado à redução na eficiência instantânea da carboxilação é indicativo que fatores de ordem não estomática, como atividade do PSII, atuaram sobre o processo fotossintético dessas plantas (Silva et al., 2014), uma vez

que reduções na assimilação de CO₂ podem resultar em excesso de energia luminosa no PSII, o que causa distúrbios nas reações fotoquímicas e perdas na fotossíntese, e conseqüentemente, provoca reduções no crescimento das plantas (Cha-um & Kirdmanee, 2011; Freire et al., 2014; Silva et al., 2018).

Decréscimos na EiCi estão geralmente, relacionados a restrições metabólicas no ciclo de Calvin, onde o carbono recebido não está sendo fixado no estágio de carboxilação no mesófilo foliar (Larcher, 2006; Sousa et al., 2016). Possivelmente, essas reduções nos valores de EiCi (Figura 2F) nas plantas de abobrinha ocorreram devido à desidratação do mesófilo foliar em consequência da gravidade do estresse ao qual as plantas se encontravam, danificando assim o seu metabolismo e comprometendo a eficiência da carboxilação (Taiz et al., 2017; Dias et al., 2018a).

Ao comparar as trocas gasosas das plantas nutridas com formas de nitrogênio amoniacal e nítrica, verifica-se que a restrição estomática das plantas nutridas com fonte amoniacal é mais acentuada (Figura 2A), resultando em intensa limitação do fluxo água-solo-planta-atmosfera e provocando drástica redução no influxo de CO₂ (Figura 2D) e restrições na atividade da enzima Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase (RuBisCO) (Freire et al., 2014), que culminaram para baixas taxas de assimilação de CO₂ e baixas eficiências instantâneas da carboxilação (Figuras 2C e F).

4.3 Indução da fluorescência da clorofila *a*

4.3.1 Variáveis fotoquímicas

Houve interação significativa ($p < 0,05$) entre as formas de nitrogênio e condutividade elétrica da água para as variáveis fluorescência inicial (F_o), máxima eficiência quântica do PSII (F_v/F_m), eficiência fotoquímica no PSII (F_v/F_o) e rendimento quântico basal dos processos fotoquímicos no PSII (F_o/F_m). Para a variável fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$) houve efeito significativo das formas de nitrogênio ($p < 0,01$). A variável fluorescência máxima (F_m) não foi influenciada pelas fontes de variação testadas (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv = Fm-Fo), máxima eficiência quântica do PSII (Fv/Fm), eficiência fotoquímica no PSII (Fv/Fo) e rendimento quântico basal dos processos fotoquímicos no PSII (Fo/Fm) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

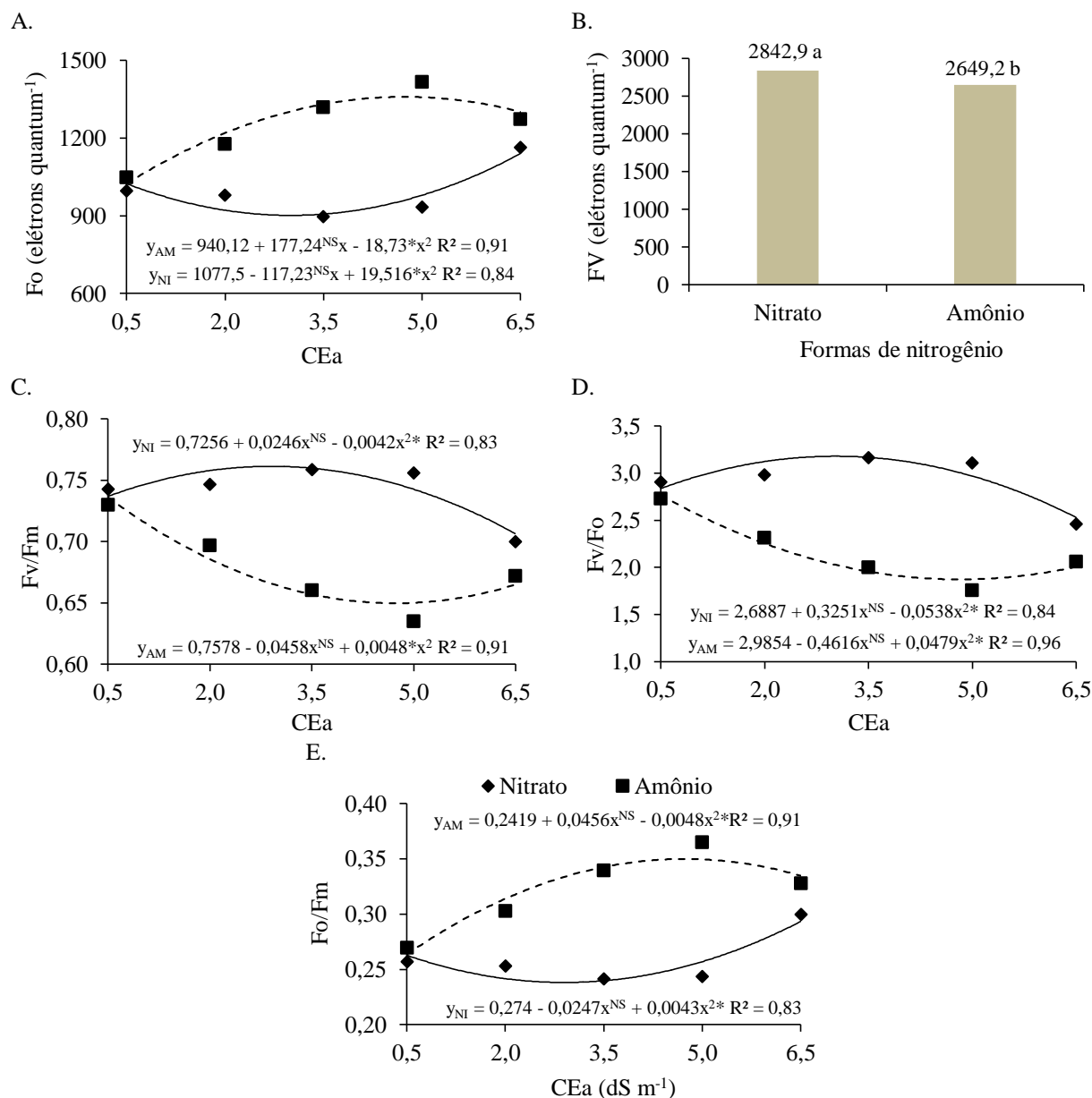
Fontes de variação	GL	Quadrado médio					
		Fo	Fm	Fv	Fv/Fm	Fo/Fm	Fv/Fo
Bloco	3	3746,3 ^{ns}	8046,2 ^{ns}	3499,7 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Formas de nitrogênio (FN)	1	638320,2 ^{**}	24010,0 ^{ns}	414733,2 ^{**}	0,0403 ^{**}	0,040 ^{**}	5,70 ^{**}
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	48743,2 ^{ns}	9803,0 ^{ns}	58148,1 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,0032 ^{ns}	0,36 ^{ns}
FN x CEa	4	73089,7 [*]	9742,9 ^{ns}	44786,8 ^{ns}	0,0041 [*]	0,004 [*]	0,49 [*]
Resíduo	27	18317,7	7332,8	21927,7	0,0011	0,0011	0,15
Média geral		elétrons quantum ⁻¹	elétrons quantum ⁻¹	elétrons quantum ⁻¹	-	-	-
		1120,4	3861,5	2741,0	0,71	0,29	2,55
CV (%)		12,1	2,2	5,4	4,8	11,7	15,4

^{**}, ^{*} e ^{ns} = Significativo a 1% (p<0,01), a 5% (p<0,05) e não significativo (p>0,05), respectivamente, de acordo com o teste F; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

As variáveis fluorescência inicial (Fo) e rendimento quântico basal dos processos fotoquímicos no PSII (Fo/Fm) das plantas nutridas com NH₄⁺ apresentaram resposta quadrática, onde ambas atingiram os maiores valores (1359,4 elétrons quantum⁻¹ e 0,35, respectivamente) na CEa de 4,7dS m⁻¹ (Figuras 3A e E). Já as variáveis máxima eficiência quântica do PSII (Fv/Fm) e eficiência fotoquímica no PSII (Fv/Fo) também apresentaram a mesma resposta, no entanto, efeito inverso, atingindo os menores valores (0,65 e 1,87, respectivamente) na CEa de 4,8 dS m⁻¹ (Figuras 3C e D).

Os incrementos na Fo das plantas nutridas com NH₄⁺ (Figura 3A) é um indicativo de danos ao complexo receptor de luz do PSII, ou devido uma redução na transferência de energia de excitação do sistema coletor de luz para o centro de reação (Baker & Rosenqvist, 2004). Além da Fo, foi constatado maiores índices da relação Fo/Fm em todos os níveis de CEa para as plantas nutridas com NH₄⁺ (Figura 3E), ficando todos os resultados acima de 0,25, chegando a atingir 0,36 na CEa de 5,0 dS m⁻¹. O incremento dessa relação é indicativo de estresse, sendo considerados valores entre 0,14 e 0,20 como normais em plantas não estressadas (Roháček, 2002; Zanandrea et al., 2006). As plantas nutridas com NO₃⁻ apresentaram valores entre 0,24 e 0,30 para Fo/Fm, sugerindo assim, que também se encontravam estressadas.

Esses resultados sugerem que o NH₄⁺ proporcionou danos maiores que o NO₃⁻ ao centro de reação do PSII das plantas de abobrinha, reduzindo assim a transferência de energia de excitação por meio do estresse oxidativo (Wang et al., 2010). Os danos também podem ter ocorrido devido ao íon NH₄⁺ ter promovido alterações bioquímicas e fisiológicas nas plantas, como mudanças no pH intracelular e no metabolismo de hormônios (Li et al., 2014).



Letras diferentes indicam diferença pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 3. Fluorescência inicial (Fo) (A), fluorescência variável (Fv) (B), eficiência quântica potencial (Fv/Fm) (C), eficiência fotoquímica no PSII (Fv/Fo) (D) e rendimento quântico basal dos processos fotoquímicos no PSII (Fo/Fm) (E) de plantas de abobrinha italiana submetidas à irrigação com águas salinas e nutridas com diferentes formas de nitrogênio.

As alterações na Fo e Fm/Fo induziram os baixos índices de Fv, Fv/Fm e Fv/Fo das plantas de abobrinha irrigadas com águas salinas, proporcionando baixa eficiência fotoquímica, principalmente nas plantas nutridas com NH_4^+ , pois todos os valores de Fv/Fm dessas plantas ficaram abaixo de 0,75, indicando ocorrência de degradação do aparato fotossintético das plantas nutridas com essa forma de nitrogênio, pois muitos autores consideram valores entre 0,75 e 0,85 como normais em plantas não estressadas (Silva et al., 2014; Soares et al., 2018). De acordo com Baker (2008) a Fv/Fm pode ser reduzida quando as plantas são submetidas a

estresses abióticos, como a salinidade, e no caso desse estudo, o nitrogênio fornecido exclusivamente na forma amoniacal.

A baixa eficiência fotoquímica das plantas nutridas com NH_4^+ irrigadas com águas salinas, corroboram com as drásticas reduções ocorridas na taxa de assimilação de CO_2 e na eficiência instantânea de carboxilação dessas plantas (Figuras 2C e F), confirmando que além de fatores de ordem estomática, fatores de ordem não estomática atuaram sobre o processo fotossintético, a exemplo de limitações na disponibilidade de poder redutor (ATP, NADPH e ferredoxina reduzida (Fdr)) para regeneração da RuBisCO. Consequentemente, isso contribuiu para o menor crescimento e acúmulo de biomassa das plantas de abobrinha nutridas com NH_4^+ , em relação às plantas nutridas com NO_3^- (Figuras 1A, C, E e G).

As plantas nutridas com NO_3^- , em consequência dos menores valores de F_o (Figura 3A), haja vista que não houve efeito significativo na FM, apresentaram F_v média de 2842,9 elétrons quantum^{-1} , sendo esse valor 7,3% superior aos das plantas nutridas com NH_4^+ (Figura 3B). A variável reflete a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para a formação do redutor NADPH, ATP e ferredoxina reduzida (Fdr). Maiores valores da F_v nas plantas nutridas com NO_3^- contribuíram para os incrementos na F_v/F_m e F_v/F_o (Figuras 3C e D), com os valores da F_v/F_m ficando dentro da faixa de 0,75 a 0,85, faixa essa tida como adequada para plantas não estressadas. Por outro lado, apesar dos incrementos na FV, os valores da F_v/F_o ficaram um pouco abaixo de 4, indicando sinal de estresse, pois considera-se a faixa entre 4 e 6 é como adequada para plantas crescidas em condições ideais (Silva et al., 2015).

Apesar dos incrementos nos índices de fluorescência (F_v , F_v/F_m e F_v/F_o), não houve incremento na taxa de assimilação do CO_2 das plantas de abobrinha nutridas com NO_3^- (Figura 2C), no entanto, o aumento dos índices F_v , F_v/F_m e F_v/F_o até a CEa de 5,0 dS m^{-1} , corroboram com a estabilidade da taxa fotossintética entre as CEa de 2,0 e 5,0 dS m^{-1} . É importante ressaltar que com o aumento da CEa de 5,0 para 6,5 dS m^{-1} , houve redução nos índices F_v , F_v/F_m e F_v/F_o , que também corroboraram com as maiores reduções na taxa de assimilação de CO_2 e na eficiência instantânea da carboxilação (Figuras 2C e F). Esse fato deve estar relacionado ao mecanismo de aclimação das plantas de abobrinha em condições de estresse salino, de modo que essas plantas aumentam o rendimento quântico do PSII, para compensar os danos causados pelo estresse salino no processo fotossintético. Todavia, esse mecanismo só foi viável em salinidades inferiores a 5,0 dS m^{-1} .

4.3.2 Variáveis não fotoquímicas

Houve interação significativa ($p < 0,01$) entre as formas de nitrogênio e condutividade elétrica da água para as variáveis taxa de transporte de elétrons (ETR), eficiência quântica do PSII (Y(II)), fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (F_o'), coeficiente de extinção fotoquímico (qL), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y(NPQ)). As variáveis fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F') e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Y(NO)) não foram influenciadas pelas fontes de variação estudadas (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F_m'), taxa de transporte de elétrons (ETR), eficiência quântica do PSII (Y(II)), fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (F_o'), coeficiente de extinção fotoquímico (qL), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y(NPQ)) e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Y(NO)) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

FV	GL	Quadrado médio							
		F'	F_m'	ETR	Y(II)	F_o'	qL	Y(NPQ)	Y(NO)
Bloco	3	163,9 ^{ns}	4958,4 ^{ns}	295,6 ^{ns}	0,0075 ^{ns}	2,3 ^{ns}	0,000007 ^{ns}	0,0076 ^{ns}	0,00002 ^{ns}
Formas de nitrogênio (FN)	1	714,0 ^{ns}	2449,2 ^{ns}	626,5 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	77,7**	0,001960**	0,0002 ^{ns}	0,00009 ^{ns}
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	234,3 ^{ns}	3368,4 ^{ns}	803,4*	0,0030 ^{ns}	11,0*	0,000178 ^{ns}	0,0026 ^{ns}	0,00004 ^{ns}
FN x CEa	4	384,3 ^{ns}	20766,9**	5928,5**	0,0198**	20,0**	0,000498**	0,0200**	0,00006 ^{ns}
Resíduo	27	240,9	2603,7	228,5	0,0028	3,5	0,000114	0,0027	0,00003
Média geral	-	-	-	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	-	-	-	-	-
		136,38	341,98	58,55	0,59	6,49	0,03	0,37	0,04
CV (%)		11,4	14,9	25,8	9,0	28,7	36,8	14,2	15,8

**, * e ^{ns} = Significativo a 1% ($p < 0,01$), a 5% ($p < 0,05$) e não significativo ($p > 0,05$), respectivamente, de acordo com o teste F; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

Em condições de luz saturante as plantas de abobrinha nutridas com NH_4^+ tiveram incrementos nos índices da taxa de transporte de elétrons (ETR), fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (F_o'), coeficiente de extinção fotoquímico (qL) e rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y(NPQ)) nos níveis mais altos de CEa (Figuras 4B, D, E e F). Para os índices ETR, F_o' e qL foi constatada resposta quadrática, com os maiores valores ($89,4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para ETR, 9,9 para F_o' e 0,04 para qL) obtidos nas CEa de 5,0, 5,7 e 4,4 dS m^{-1} , respectivamente (Figuras 4B, D e E). Para a variável (Y(NPQ)) houve resposta linear crescente, com incrementos unitários de 0,027 por dS m^{-1} (Figura 4F). Entretanto, as variáveis

fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F_m') e eficiência quântica do PSII ($Y(II)$) foram reduzidas em função do aumento da CEa, sendo constatado reduções de 50,4% para F_m' e 32,3% para $Y(II)$ entre as CEa de 0,5 e 6,5 $dS\ m^{-1}$ (Figuras 4A e C).

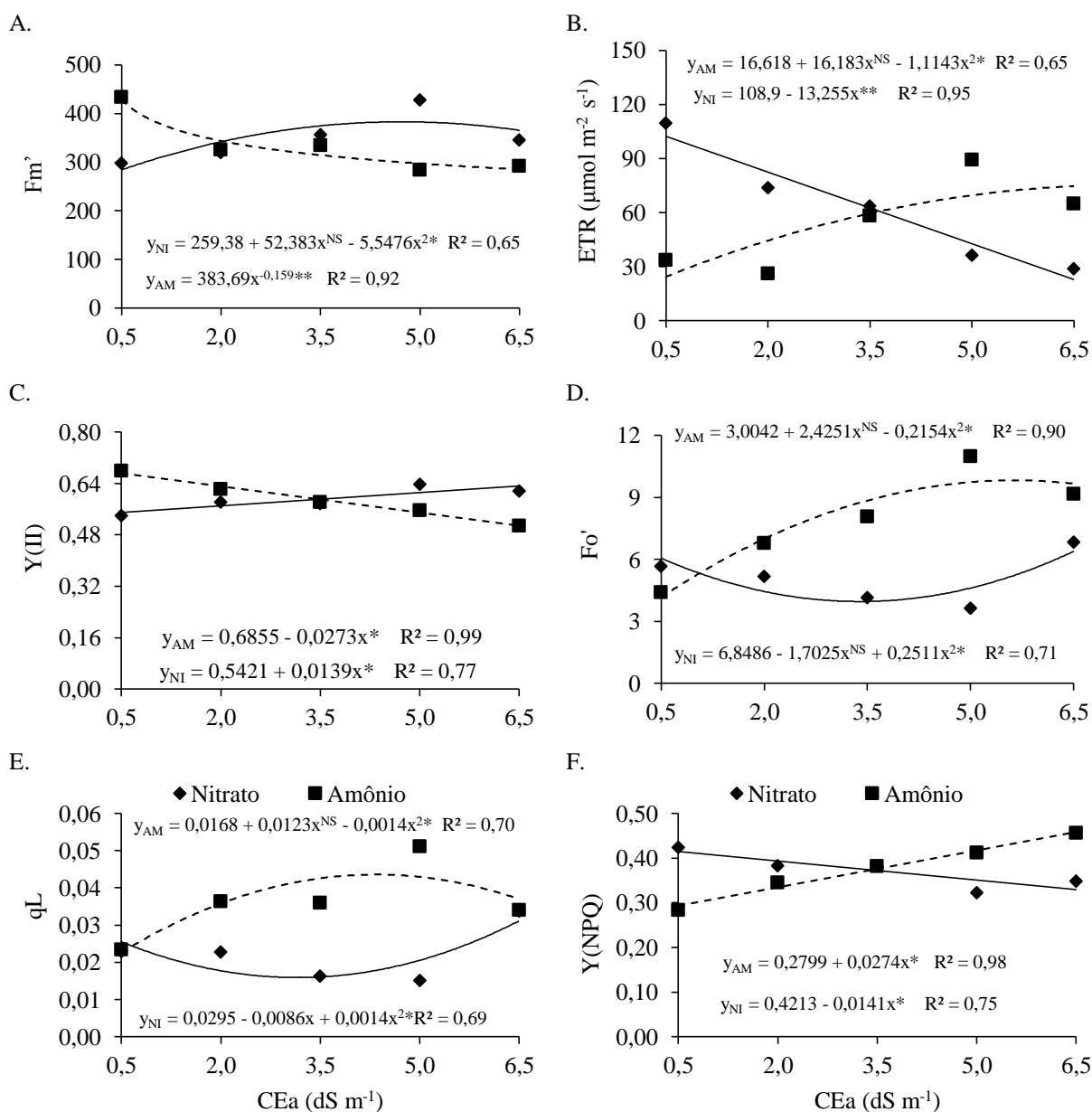


Figura 4. Fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F_m') (A), taxa de transporte de elétrons (ETR) (B), eficiência quântica do PSII ($Y(II)$) (C), fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (F_o') (D), coeficiente de extinção fotoquímico (qL) (E) e rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ($Y(NPQ)$) (F) de plantas de abobrinha italiana submetidas à irrigação com águas salinas e nutridas com diferentes formas de nitrogênio.

Nas plantas de abobrinha nutridas com NO_3^- sob condições de luz saturante, o comportamento dos índices F_m' , ETR, $Y(II)$, F_o' , qL e ($Y(NPQ)$) foram totalmente divergentes. As variáveis F_m' e $Y(II)$ foram incrementadas pelo aumento da CEa, na ordem de

28,7 e 15,2%, respectivamente, entre as CEa 0,5 e 6,5 dS m⁻¹ (Figuras 4A e C), enquanto os índices ETR e (Y(NPQ)) foram reduzidos na ordem de 350,0 e 25,7% em função do aumento da CEa de 0,5 para 6,5 dS m⁻¹ (Figuras 4B e F). Já os índices Fo' e qL foram incrementados nas CEa superior a 5,0 dS m⁻¹, mantendo-se parcialmente estáveis até então (Figuras 4B e F).

Tatagiba et al. (2014) afirmam que os efeitos da salinidade pode reduzir a taxa de transporte de elétrons (ETR) para a fotossíntese devido à redução na disponibilidade de água para as plantas provocada pelo aumento do potencial osmótico em decorrência da elevada concentração de sais em sua zona radicular. O aumento no potencial osmótico pode inativar os transportadores de elétrons fotossintéticos, podendo atingir um nível irreversível. Com base nessas informações, os valores de ETR para as plantas nutridas com NO₃⁻ estão coerentes com os resultados obtidos para a assimilação de CO₂, pois também se constatou redução nos valores dessa variável com o aumento da salinidade (Figura 2C). Por outro lado, o incremento da ETR nas plantas nutridas com NH₄⁺ não resultou em melhor atividade fotossintética, pois sob essa condição de nutrição a redução da fotossíntese foi mais acentuada do que nas plantas nutridas com NO₃⁻, sugerindo assim que outras variáveis tiveram maior influência sobre a fotossíntese das plantas de abobrinha do que as variáveis não fotoquímicas.

O aumento da fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo') e a redução da fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fm') das plantas de abobrinha nutridas com NH₄⁺, é relativo a menor eficiência no processo inicial e final de captação e uso do espectro luminoso, o que vem a reduzir o processo de oxidação da clorofila para liberação de elétrons para a quinona (Qa) (Taiz et al., 2017), principalmente, se considerarmos que também houve incremento na taxa de transporte de elétrons, evidenciando perdas de calor fotoquímico e não fotoquímico da clorofila, fato que corrobora com a redução da taxa de assimilação de CO₂ das plantas que receberam nutrição exclusiva com essa forma de nitrogênio (Figura 2C).

O coeficiente de extinção fotoquímico (qL) representa a proporção da energia dos fótons capturada pelos centros de reação do PSII abertos e dissipada via transporte de elétrons (Juneau et al., 2005). Esse índice foi incrementado nas plantas nutridas com NH₄⁺, confirmando a baixa eficiência fotossintética dessas plantas (Figura 4E).

Nas plantas nutridas com NO₃⁻, os valores de (Y(NPQ)) reduziram 20,4%, na CEa mais alta (6,5 dS m⁻¹), enquanto que nas plantas nutridas com NH₄⁺ o aumento da salinidade incrementou em 56% os valores de Y(NPQ) (Figura 4F). O aumento nos valores de Y(NPQ) quando a Y(II) é diminuída e vice-versa é considerado normal, uma vez que estes mecanismos dissipadores de energia são competitivos entre si (Eskling et al., 1997).

Os valores elevados de Y(NPQ) em plantas nutridas com NH₄⁺ sob estresse salino nas CEa mais altas (5,0 e 6,5 dS m⁻¹) indica que há fotoproteção no aparato fotossintético dessas

plantas, como sugerido por Baraldi et al., 2008. No entanto, essa fotoproteção não resultou em maior fotossíntese (Figura 2C).

A eficiência quântica do PSII (Y(II)) representa um indicativo do desempenho fotossintético das plantas submetidas ao estresse salino (Klughamme & Schreibe, 2008). Reduções nos valores de Y(II) indicam que a fotossíntese foi reduzida (Tatagiba et al., 2014). No presente estudo, essa premissa foi válida para as plantas nutridas com NH_4^+ , no entanto, nas plantas nutridas com NO_3^- o incremento de Y(II) com o aumento da salinidade não resultou em incremento na assimilação de CO_2 , haja vista que essas plantas também reduziram a atividade fotossintética com o aumento da CEa (Figura 2C). Assim, o incremento da F_m' e da Y(II) das plantas nutridas com NO_3^- não foram suficientes para incrementar a taxa de assimilação de CO_2 , porém, compensaram o balanço energético das plantas até a CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, com pequenas perdas na fotossíntese em relação à CEa de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 2C). Dessa forma, esses resultados também indicam que foram outras variáveis que tiveram maior influência do que as variáveis não fotoquímicas sob o desempenho fotossintético das plantas de abobrinha nutridas com as diferentes formas de nitrogênio.

4.4 Variáveis bioquímicas

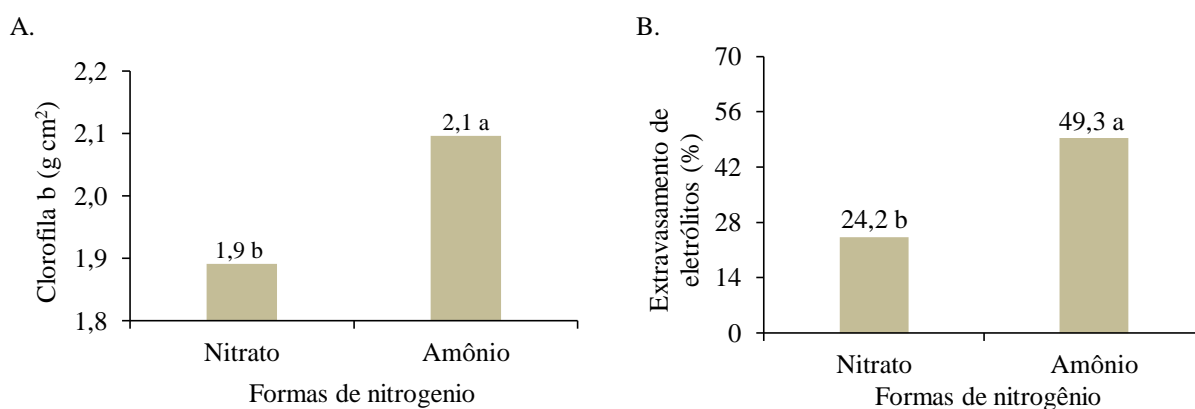
Os níveis de CEa não influenciaram os pigmentos cloroplastídicos e o extravasamento de eletrólitos das plantas de abobrinha italiana. Entretanto, o teor de clorofila b e o extravasamento de eletrólitos foram influenciados significativamente pelas formas de nitrogênio ($p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente) (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para clorofila a (CLO a), clorofila b (CLO b), carotenoides (CAROT) e extravasamento de eletrólitos (EE) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		CLO a	CLO b	CAROT	EE
Bloco	3	0,57 ^{ns}	0,0198 ^{ns}	0,069 ^{ns}	172,6 ^{ns}
Formas de nitrogênio (FN)	1	4,55 ^{ns}	0,4161*	0,197 ^{ns}	6337,8**
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	1,22 ^{ns}	0,1043 ^{ns}	0,034 ^{ns}	97,5 ^{ns}
FN x CEa	4	1,33 ^{ns}	0,0702 ^{ns}	0,043 ^{ns}	43,9 ^{ns}
Resíduo	27	0,22	0,070	0,116	54,0
Média geral		g cm^2 7,7	g cm^2 2,0	g cm^2 2,0	% 36,7
CV (%)		14,4	13,3	16,7	20,0

** , * e ^{ns} = Significativo a 1% ($p < 0,01$), a 5% ($p < 0,05$) e não significativo ($p > 0,05$), respectivamente, de acordo com o teste F; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

O uso de nitrogênio amoniacal incrementou em 10,5% a concentração de clorofila b nas folhas de abobrinha italiana (Figura 5A). Apesar de ter havido esse leve incremento nos valores do pigmento fotossintético secundário, a fotossíntese dessas plantas não foi incrementada (Figura 2C). Em relação ao estado de integridade das membranas, as plantas de abobrinha nutridas com NH_4^+ apresentaram valores de extravasamento de eletrólitos mais de duas vezes superiores às plantas nutridas com NO_3^- (Figura 5B). Os valores médios obtidos na presença das duas formas de nitrogênio foram de 49,3 e 24,2% para NH_4^+ e NO_3^- , respectivamente, indicando assim danos mais severos nas plantas nutridas com NH_4^+ .



Letras diferentes indicam diferença pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 5. Teor de clorofila b (A) e extravasamento de eletrólitos (B) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

A redução da estabilidade das membranas ocorre devido a peroxidação de lipídios causados por espécies reativas de oxigênio (EROS), como o radical superóxido (O_2^-), o oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$), o radical hidroxila (OH^-) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (Harir & Mitter, 2009; Mendes et al., 2011). Como não houve efeito significativo da CEa sob o extravasamento de eletrólitos, deduz-se que essa maior degradação nas membranas das plantas nutridas com NH_4^+ aconteceu devido aos efeitos citotóxicos proporcionado pela absorção exclusiva de NH_4^+ pelas plantas de abobrinha. Esses resultados, explicam as ações ineficientes do incremento do rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ($Y(\text{NPQ})$), ou seja, aumento da ação protetora do PSII (Figura 4F), além do aumento dos teores de clorofila b, para aumentar a captação de energia luminosa (Figura 5A) e dos baixos índices de eficiência quântica do PSII F_v/F_m (Figura 3C).

4.5 Composição mineral da parte aérea

De acordo com a ANOVA, houve efeito isolado do fator condutividade elétrica da água para o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), relação sódio/potássio e sódio/magnésio (Na/K e Na/Mg) ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) e para cálcio (Ca) e relação sódio/cálcio (Na/Ca) ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). As formas de nitrogênio influenciaram significativamente ($p < 0,01$) todas as variáveis de acúmulo de nutrientes e suas relações iônicas (Na/K; Na/Ca e Na/Mg) (Tabela 8).

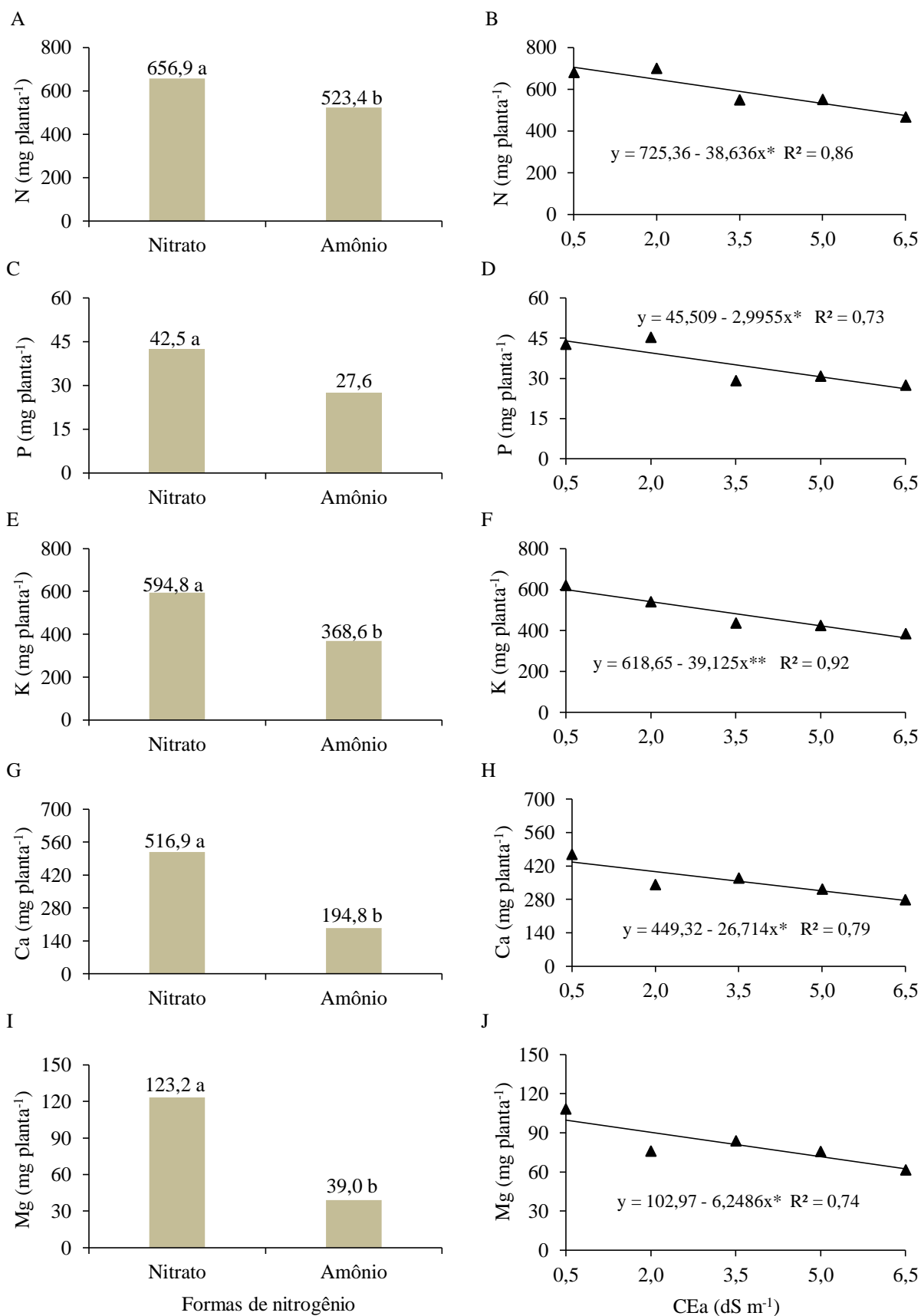
Tabela 8. Resumo da análise de variância para o acúmulo de elementos minerais na parte aérea de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

Fontes de variação	G	Acúmulo de nutrientes e de sódio									
		Quadrado médio									
	L	N	P	K	Ca	Mg	Na	Na/K	Na/Ca	Na/Mg	
Bloco	3	1263 ^{ns}	106 ^{ns}	13969 ^{ns}	325 ^{ns}	202 ^{ns}	1660 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,13 ^{ns}	
Formas de nitrogênio (FN)	1	178062**	2228**	511800**	1037152**	71024*	78255**	0,0421**	0,030*	1,65**	
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	78197**	550**	74782**	40796*	2373**	2712 ^{ns}	0,0021 ^{ns}	0,037*	0,90*	
FN x CEa	4	8987 ^{ns}	97 ^{ns}	4656 ^{ns}	7691 ^{ns}	462 ^{ns}	181 ^{ns}	0,0037 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,14 ^{ns}	
Resíduo	27	6975	79	8157	11300	538	1410	0,0040	0,007	0,20	
Média		-----mg.planta ⁻¹ -----					mg.planta ⁻¹				
		590,1	35,0	481,7	355,8	81,1	590,1	0,23	0,35	1,66	
CV (%)		14,2	25,5	18,6	29,9	28,6	14,2	26,3	24,2	26,9	

**, * e ^{ns} = Significativo a 1% ($p < 0,01$), a 5% ($p < 0,05$) e não significativo ($p > 0,05$), respectivamente, de acordo com o teste F; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

As plantas nutridas com NO_3^- apresentaram acúmulo de macronutrientes superior às plantas nutridas com NH_4^+ , com incremento de 25,5, 54,0, 61,4, 165,3 e 215,9% para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente (Figuras 6A, C, E, G e I). Pesquisas tem demonstrado que plantas nutridas exclusivamente com fonte de nitrogênio amoniacal podem apresentar menor conteúdo de elementos como Ca e Mg em seu tecido vegetal, como relatado por Borgognone et al. (2013) em plantas de tomate e Savvas et al. (2010) em plantas de berinjela, corroborando assim com os resultados obtidos no presente estudo.

Em relação aos efeitos da salinidade, foram observados reduções lineares do acúmulo de macronutrientes no tecido vegetal das plantas de abobrinha com o incremento da CEa, com decréscimos de 48,9, 69,9, 64,4, 58,1 e 60,2% para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, entre 0,5 e 6,5 dS m^{-1} (Figuras 6B, D, F, H e J).



Letras diferentes indicam diferença pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 6. Acúmulo de nitrogênio (N) (A e B), fósforo (P) (C e D), potássio (K) (E e F), cálcio (Ca) (G e H) e magnésio (Mg) (I e J) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

As reduções no acúmulo de elementos como N, K, Ca e Mg no tecido das plantas em consequência dos efeitos da salinidade, alguns autores afirmam que ocorre devido a competição do íon Cl^- com o íon NO_3^- e do íon Na^+ com os íons K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . A competição iônica provoca alterações na disponibilidade, absorção, transporte, assimilação e distribuição desses elementos na planta (Neves et al., 2009; Farias et al., 2009; Gurgel et al., 2010; Carmo et al., 2011), resultando em menor acúmulo em sua parte aérea, como relatado por Carmo et al. (2011) em plantas de abóbora. Os referidos autores mostraram que a irrigação com água de condutividade elétrica de $4,38 \text{ dS m}^{-1}$ provocou redução de 30,4, 16,4, 22,5, 50,5 e 14,4% no acúmulo de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente.

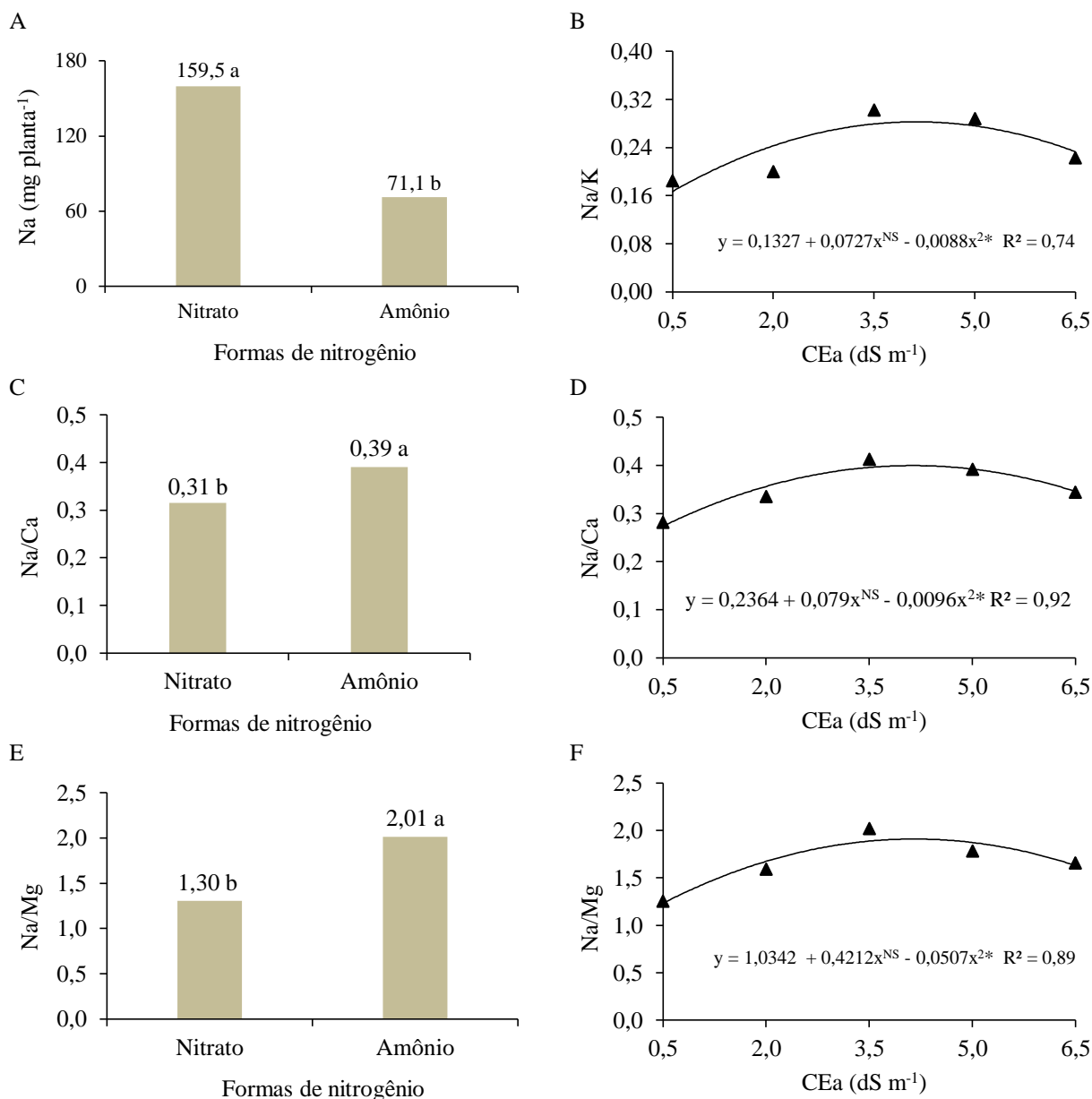
O acúmulo excessivo de sais nas plantas, principalmente cloreto de sódio, pode inibir o seu crescimento e produção devido à toxicidade iônica, desequilíbrios nutricionais ou ambos, simultaneamente (Munns & Tester, 2008; Syvertsen & Garcia-Sanchez, 2014; Sá et al., 2015). Esses íons provocam mudanças nas relações Na^+/K^+ , $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ e $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$, resultando em toxicidade iônica, afetando a fotofosforilação, a cadeia respiratória, a assimilação de nutrientes e o metabolismo das proteínas e outros compostos orgânicos, o que provoca alterações em todo o metabolismo das plantas (Larcher, 2006; Ferreira et al., 2006; Ferreira-Silva et al., 2008; Viudes & Santos, 2014). Essas alterações são confirmadas pelas reduções no acúmulo de biomassa em função do aumento da salinidade da água (Figura 1G).

As reduções do acúmulo dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) na parte aérea das plantas de abobrinha com o incremento CEa, também são atribuídas as reduções ocasionadas no acúmulo de fitomassa em função da elevação da CEa (Figura 1G). Uma vez que, o total de macronutrientes acumulados no tecido vegetal estão diretamente correlacionados com o acúmulo de fitomassa seca. Esta premissa é válida para as formas de nitrogênio, pois assim como para a CEa, constatou-se que a fitomassa seca da parte aérea das plantas nutridas com NO_3^- foi maior que a das plantas nutridas com NH_4^+ (Figura 1H).

Quanto ao acúmulo de sódio na parte aérea das plantas de abobrinha italiana, averiguou-se que as plantas nutridas com NO_3^- apresentaram acúmulo do elemento 124,3% superior às plantas nutridas com NH_4^+ (Figura 7A). Devido haver uma correlação entre o acúmulo de elementos minerais e o acúmulo de fitomassa seca da parte aérea, essa superioridade ocorreu devido ao maior acúmulo de fitomassa seca da parte aérea das plantas que receberam nutrição exclusiva com fontes nítricas (Figura 1H).

Verificou-se maiores valores para as relações Na/Ca e Na/Mg nas plantas nutridas com amônio, sendo observado diferença de 25,8% para Na/Ca e 54,6% para Na/Mg (Figuras 7C e E). Quanto às relações Na/K, Na/Ca e Na/Mg em função do incremento da salinidade na água de irrigação, verificou-se respostas semelhantes para as variáveis, onde ambas se ajustaram ao

modelo quadrático de regressão, atingindo os maiores valores (0,30, 0,39 e 1,91 para Na/K, Na/Ca e Na/Mg, respectivamente) na CEa de 4,1 dS m⁻¹ (Figuras 7B, D e F).



Letras diferentes indicam diferença pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 7. Acúmulo de sódio (Na) (A), relação sódio/potássio (Na/K) (B), relação sódio/cálcio (Na/Ca) (C e D) e relação sódio/magnésio (Na/Mg) (E e F) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

De acordo com Azevedo Neto & Tabosa (2000) a determinação das relações do sódio com os macronutrientes potássio, cálcio e magnésio (Na/K, Na/Ca e Na/Mg) são de fundamental importância quando se objetiva analisar o estado nutricional de plantas submetidas ao estresse salino, pois indicam o estado de estresse nutricional ao qual se encontram. Alguns autores preconizam que em plantas glicófitas, as relações iônicas devem ficar com valores

abaixo de 0,60 para que não haja prejuízos em seu metabolismo (Greenway & Muns, 1980; Garcia et al., 2007). Com base nesses critérios, a relação Na/Mg (Figura 7F) na presente pesquisa apresentou valores mais de três vezes superior ao que é considerado como adequado para o desenvolvimento da abobrinha italiana.

A redução da assimilação de CO₂ e conseqüentemente do acúmulo de biomassa das plantas pode também resultar na diminuição da concentração e da eficiência da clorofila e no conteúdo de alguns íons essenciais, como Ca²⁺ e Mg²⁺ no mesófilo foliar (Netondo et al., 2004; Sá et al., 2015). Dependendo da intensidade e duração do estresse salino, pode haver ainda o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROS) nos cloroplastos, que podem causar fotoinibição e fotooxidação nessas organelas (Ashraf et al., 2009). Por sua vez, o estresse oxidativo desencadeia a peroxidação lipídica, danos no DNA, inibição da fotossíntese e perturbação na dinâmica de transporte dos nutrientes minerais (Nazar et al. 2011; Turan & Tripathy, 2012; Huang, 2018). Desta forma, a salinidade afeta o estabelecimento, o crescimento e o desenvolvimento das plantas, levando a uma perda significativa de rendimento ou até mesmo a morte das plantas (Álvarez et al., 2012; Gómez-Bellot et al., 2013; Acosta-Motos et al., 2017). Com isso, a competição entre Na/Mg foi limitante para o desenvolvimento das plantas de abobrinha, repercutindo diretamente sobre o acúmulo de biomassa (Figura 1G).

4.6 Produção

Constatou-se interação significativa (p<0,01) entre formas de nitrogênio e condutividade elétrica da água em todas variáveis de produção analisadas (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo da análise de variância para número de frutos por planta (NFP), massa média de frutos (MMF), diâmetro longitudinal de frutos (DLF), diâmetro transversal de frutos (DTF) e produção por planta (PP) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		NFP	MMF	DLF	DTF	PP
Bloco	3	0,013 ^{ns}	200,1*	0,02 ^{ns}	0,018 ^{ns}	3110,5 ^{ns}
Formas de nitrogênio (FN)	1	122,360**	252347,5**	2113,54**	104,717**	3825157,4**
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	4,982**	5396,3**	21,35**	0,751**	357050,8**
FN x CEa	4	4,982**	5396,3**	21,35**	0,751**	357050,8**
Resíduo	27	0,004	53,6	0,54	0,015	992,6
Média geral		unid	g fruto ⁻¹	cm	cm	g planta ⁻¹
		1,8	79,4	7,3	1,6	309,2
CV (%)		3,7	9,2	10,1	7,5	10,2

** , * e ^{ns} = Significativo a 1% (p<0,01), a 5% (p<0,05) e não significativo (p>0,05), respectivamente, de acordo com o teste F; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

As plantas de abobrinha italiana nutridas com NH_4^+ não conseguiram produzir frutos. As flores polinizadas não foram fecundadas, vindo posteriormente a caírem. Possivelmente, a fecundação não ocorreu devido ao pólen se encontrar inviável, haja vista que o íon NH_4^+ pode promover alterações bioquímicas e fisiológicas nas plantas, como mudanças no pH intracelular e no metabolismo de hormônios (Li et al., 2014). Assim, apenas as plantas nutridas com NO_3^- atingiram a frutificação (Figuras 12A, B, C, D e E).

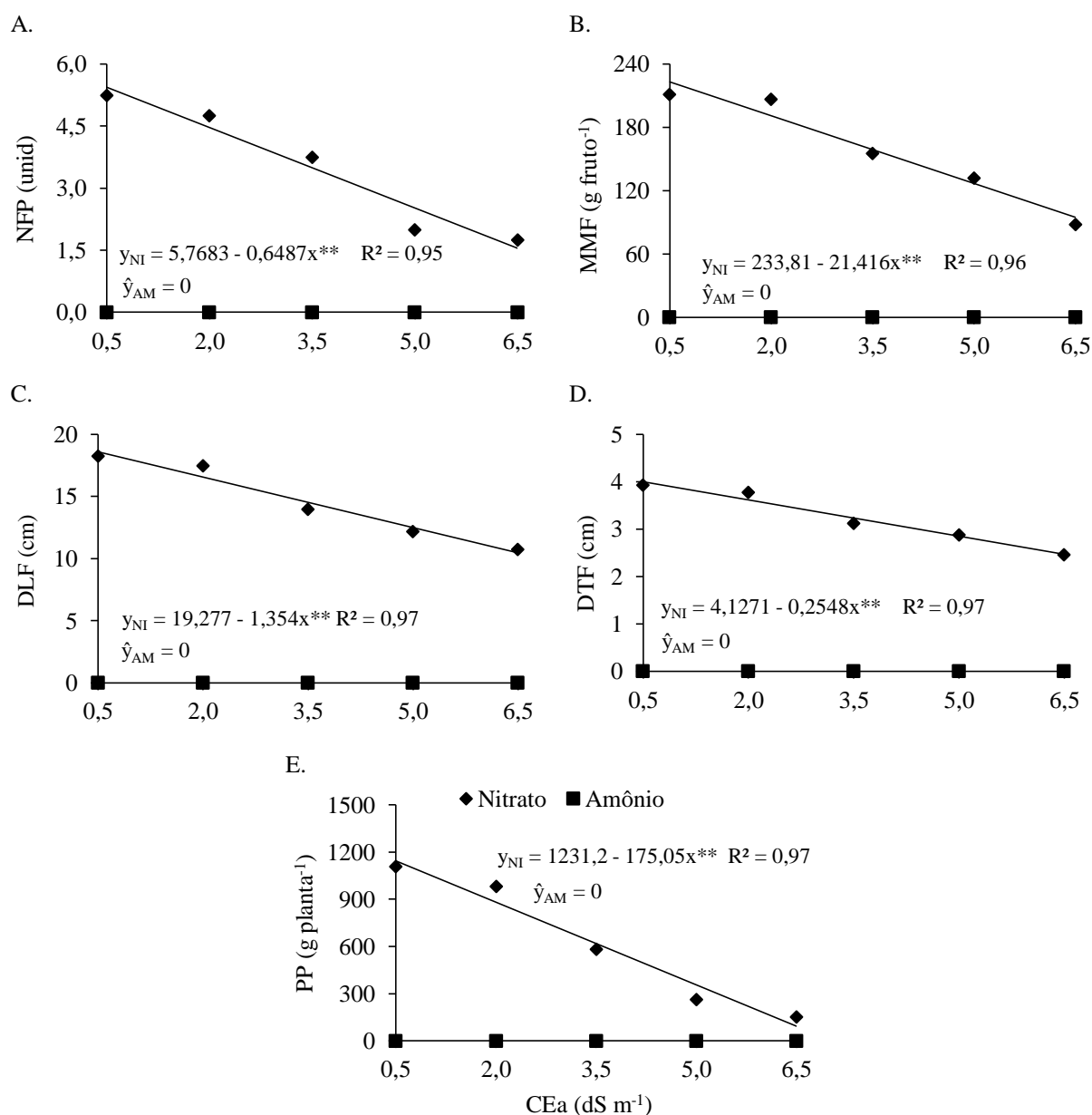


Figura 8. Número de frutos por planta (NFP) (A), massa média de frutos (MMF) (B), diâmetro longitudinal de frutos (DLF) (C), diâmetro transversal de frutos (DTF) (D) e produção por planta (PP) (E) de plantas de abobrinha italiana nutridas com diferentes formas de nitrogênio e irrigadas com águas salinas.

Esses resultados estão coerentes com os obtidos para as demais variáveis, pois as plantas nutridas com NH_4^+ apresentaram menor crescimento (Figuras 1B, D, F e H), trocas gasosas mais desfavoráveis (Figura 2), menor eficiência fotoquímica e não fotoquímica (Figuras 3 e 4) e danos nas membranas mais severos (Figura 5B) do que as plantas nutridas com NO_3^- , demonstrando assim que a forma de nitrogênio amoniacal intensifica o estresse em plantas de abobrinha cultivadas em sistema hidropônico sob condições salinas.

Em relação aos efeitos da salinidade, verificou-se redução linear sob as variáveis de produção das plantas nutridas com NO_3^- , sendo constatadas reduções de 250,8% no número de frutos por planta, 135,8% na massa média de frutos, 77,5% para o diâmetro longitudinal de frutos, 61,9% para o diâmetro transversal de frutos e 1.124,8,3% na produção por planta entre os níveis de CEa 0,5 e 6,5 dS m^{-1} (Figuras 8A, B, C, D e E). O estresse salino é causado pelo excesso de íons na rizosfera, limitando a extração de água pelas raízes e reduzindo o crescimento das plantas, enquanto os efeitos secundários são causados por desequilíbrio iônico resultando na inativação de enzimas, falta de nutrientes, toxicidade iônica nos tecidos e estresse oxidativo (Nazar et al., 2011; Khan et al., 2012). Desta forma, a salinidade afeta o estabelecimento, o crescimento, o desenvolvimento e a produção das plantas, levando a uma perda significativa de rendimento ou até mesmo a morte das plantas (Álvarez et al., 2012; Gómez-Bellot et al., 2013; Acosta-Motos et al., 2017).

Em estudos anteriores já foi demonstrado que o estresse salino provoca efeito deletério sobre o rendimento da abobrinha, confirmando assim, que a cultura é moderadamente sensível a salinidade (Rouphael et al., 2006). Em ambiente protegido, Strassburger et al. (2011) mostraram que salinidades superiores a 3 dS m^{-1} reduzem drasticamente o rendimento da abobrinha. Trabalhando com níveis salinos de até 6 dS m^{-1} , Rouphael et al. (2017) verificaram uma redução total de 29,3, 36,4 e 55,1% no número de frutos por planta, massa média de frutos e na produção por planta, respectivamente, em plantas de abobrinha italiana cultivadas em solução hidropônica. Esses efeitos deletérios da salinidade também já foram detectados para outras culturas da mesma família botânica da abobrinha, como melancia (Colla et al., 2006), pepino (Wan et al., 2010), maxixe (Oliveira et al., 2014b) e o melão (Pereira et al., 2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nutrição exclusiva com nitrogênio na forma de NH_4^+ promove redução no crescimento e acúmulo de biomassa das plantas de abobrinha italiana. Essas plantas apresentam maiores restrições na eficiência fotoquímica e fotossintética do que as nutridas com NO_3^- quando crescidas sob condição de salinidade. Além disso, apresentam morte prematura na fase de floração, independente da condição de estresse salino.

A nutrição com nitrogênio na forma de NO_3^- é indicada para o cultivo hidropônico da abobrinha italiana.

A irrigação com água de condutividade elétrica superior a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ reduz o crescimento, as trocas gasosas, a eficiência fotoquímica e não fotoquímica, o acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas e a produção de abobrinha italiana.

Sugere-se a realização de outras pesquisas semelhantes para aprofundar os conhecimentos sob o possível potencial dos íons NO_3^- e NH_4^+ na atenuação dos efeitos da salinidade em plantas de abobrinha italiana e de outras cucurbitáceas.

LITERATURA CITADA

Abdolzadeh, A.; Shima, K.; Lambers, H.; Chiba, K. Change in uptake, transport and accumulation of ions in *Nerium oleander* (rosebay) as affected by different nitrogen sources and salinity. *Annals of Botany*, v.102, p.735-746, 2008.

Acosta-Motos, J. R.; Ortuño, M. F.; Vicente, A. B.; Vivancos, P. D.; Blanco, M. J. S.; Hernandez, J. A. Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms. *Agronomy*, v.7, p.1-38, 2017.

Álvarez, S.; Gómez-Bellot, M. J.; Castillo, M.; Bañón, S.; Sánchez-Blanco, M. J. Osmotic and saline effect on growth, water relations, and ion uptake and translocation in *Phlomis purpurea* plants. *Environmental and Experimental of Botany*, v.78, p.138-145, 2012.

Andréo-Souza, Y.; Pereira, A. L.; Silva, F. F. S.; Riebeiro-Reis, R. C.; Evangelista, M. R. V.; Castro, R. D.; Dantas, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, p.83-92, 2010.

Andújar, C. M.; Ghanem, M. E.; Albacete, A.; Alfocea, A. P. Response to nitrate/ammonium nutrition of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants overexpressing a prokaryotic NH_4^+ - dependent asparagine synthetase. *Journal of Plant Physiology*, v.170, p.676-687, 2013.

Anil, V.S.; Krishnamurthy, H.; Mathew M. K. Limiting cytosolic Na^+ confers salt tolerance to rice cells in culture: a two-photon microscopy study of SBFI-loaded cells. *Physiologia Plantarum*, v.129, p.607-621, 2007.

Ashraf, M. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnology Advances*, v.27, p.84-93, 2009.

Ashraf, M.; Harris, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, v.166, p.3-16. 2004.

Azambuja, L. O.; Benett, C. G. S.; Benett, K. S. S.; Costa, E. Produtividade da abobrinha 'Caserta' em função do nitrogênio e gel hidrorretentor. *Científica*, v.43, p.353-358, 2015.

Azevedo Neto, A. D.; Prisco, J. T.; Enéas-Filho, J.; Medeiros, J. V. M.; Gomes Filho, E. Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, v.162, p.1114-1122, 2005.

Azevedo Neto, A. D.; Tabosa, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, p.165-171, 2000.

Baker, B. Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p.89-113, 2008.

Baker, N. R.; Rosenqvist, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p.1607-1621, 2004.

- Baraldi, R.; Canaccini, F.; Cortes, S.; Magnani, F.; Rapparini, F.; Zamboni, A.; Raddi, S. Role of xanthophyll cycle-mediated photoprotection in *Arbutus unedo* plants exposed to water stress during the Mediterranean summer. *Photosynthetica*, v.46, p.378-386, 2008.
- Bauwe, H.; Hagemann, M.; Fernie, A. R. Photorespiration: players, partners and origin. *Trends in Plant Science*, v.15, p.330-336, 2010.
- Bezerra, I. L.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Lima, G. S.; Santos, J. B. dos; Fernandes, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. *Revista Ambiente e Água*, v.13, p.1-13, 2018.
- Borgognone, D.; Colla, G.; Rouphael, Y.; Cardarelli, M.; Rea, E. Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. *Scientia Horticulturae*, v.149, p.61-69, 2013.
- Botella, M. A.; Cerda, A.; Lips, S. H. Kinetics of NO_3^- with NH_4^+ uptake by wheat seedlings. Effect of salinity and nitrogen source. *Journal of Plant Physiology*, v.144, p.53-57, 1994.
- Britto, D. T.; Kronzucker, H. J. NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review. *Journal of Plant Physiology*, v.159, p.567-584, 2002.
- Carmo Filho, F.; Oliveira, O. F. Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, (Coleção Mossoroense, Série B) 62p. 1995.
- Carmo, G. A.; Oliveira, F. R. A.; Medeiros, J. F.; Oliveira, F. A.; Campos, M. S.; Freitas, D. C. Teores foliares, acúmulo e partição de macronutrientes na cultura da abóbora irrigada com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, 512-518, 2011.
- Carpes, R. H.; Lúcio, A. D.; Storck, L.; Lopes, S. J.; Zanardo, B.; Paludo, A. L. Ausência de frutos colhidos e suas interferências na variabilidade da fitomassa de frutos de abobrinha italiana cultivada em diferentes sistemas de irrigação. *Revista Ceres*, v.55, p.590-595, 2008.
- Centritto, M., Loreto, F., Chartzoulakis, K. The use of low $[\text{CO}_2]$ to estimate diffusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt-stressed olive saplings. *Plant, Cell & Environment*, v.26, p.585-94, 2003.
- Cha-um, S.; Kirdmanee, C. Remediation of salt-affected soil by the addition of organic matter: An investigation into improving glutinous rice productivity. *Scientia Agricola*. v.68, p.406-410, 2011.
- Chaves, L. H. G.; Gheyi, H. R.; Ribeiro, S. Consumo de água e eficiência do uso para cultivar de mamona Paraguaçu submetida à fertilização nitrogenada. *Revista de Engenharia Ambiental*, v.8, p.126-133, 2011.
- Cirillo, C.; Rouphael, Y.; Caputo, R.; Raimondi, G.; Sifola, M. I.; De Pascale, S. Effects of high salinity and the exogenous of an osmolyte on growth, photosynthesis and mineral composition in two ornamental shrubs. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, v.91, p.14-22, 2016.

- Colla, G.; Roupshael, Y.; Cardarelli, M.; Rea, E. Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants. *HortScience*, v.41, p.622-627, 2006.
- Costa, A. R.; Rezende, R.; Freitas, P. S. L. de; Gonçalves, A. C. A.; Frizzone, J. A. A cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. *Irriga*, v.20, p.105-127, 2015.
- Couto, M. R. M.; Lúcio, A. D. C.; Lopes, S. J.; Carpes, R. H. Transformações de dados em experimentos com abobrinha italiana em ambiente protegido. *Ciência Rural*, v.39, p.1701-1707, 2009.
- Cramer, G. R.; Alberico, G. J.; Schidt, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.21, p.675-692, 1994.
- Dasgan, H. Y.; Aktas, H.; Abak, K.; Cakmak, I. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotypes responses. *Plant Science*, v.163, p.695-703, 2002.
- Dat, J.; Vandenabeele, S.; Vranova, E.; Van Montagu, M.; Inzé, D.; Van Breusegem, F. Dual action of active oxygen species during plant stress responses. *Cellular and Molecular Life Sciences*, v.57, p.779-795, 2000.
- Dias, A. S.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Fernandes, P. D.; Silva, F. A. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. *Irriga*, v.23, p.220-234, 2018a.
- Dias, A. S.; Lima, G. S.; Sá, F. V. S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A.; Fernandes, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, p.628-633, 2018b.
- Dias, N. D.; Blanco, F. F.; Souza, E. R.; Ferreira, J. F. S.; Sousa Neto, O. N.; Queiroz, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de; Gomes Filho, E. (Org.). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. 2. ed. Fortaleza: INCTsal, 2016. Cap. 11, p.151-161.
- Dias, N. S.; Oliveira, A. M. de; Sousa Neto, O. N. de; Blanco, F. F.; Rebouças, J. R. L. Concentração salina e fases de exposição à salinidade do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, p.915-921, 2011.
- Diniz, M. T. M.; Pereira, V. H. C. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015.
- Dluzniewska, P.; Gessler, A.; Dietrich, H.; Schnitzler, J. P.; Teuber, M.; Rennenberg, H. Nitrogen uptake and metabolism in *Populus x canescens* as affected by salinity. *New Phytologist*, v.173, p.279-293, 2007.

Drihem, K.; Pilbeam, D. J. Effects of salinity on accumulation of mineral nutrients in wheat grown with nitrate–nitrogen or mixed ammonium: nitrate–nitrogen, *Journal of Plant Nutrition*, 25:10, 2091-2002, 2002.

Dubey, R. S.; Pessaraki, M. Physiological Mechanisms of Nitrogen Absorption and Assimilation in Plants under Stressful Conditions. In: Pessaraki, M. *Handbook of Plant and Crop Physiology*. 2. ed. New York: Marcel Dekker Inc, 2001. Cap. 32, p.637-656.

Ehltig, B.; Dluzniewsk, P.; Dietrich, H.; Selle, A.; Teuber, M.; Hänsch, R.; Nehls, U.; Polle, A.; Schnitzler, J. P.; Rennenberg, H.; Gessler, A. Interaction of nitrogen nutrition and salinity in Grey poplar (*Populus tremula x alba*). *Plant and Cell Environmental*, v.30, p.796-811, 2007.

Elwan, M. W. M.; El-Shatoury, R. S. A. Alleviation of nacl stress in summer squash ‘eskandrani’ by foliar application of salicylic acid. *Journal of Horticultural Research*, v.22, p.131-137, 2014.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2009. 627p.

Eskling, M.; Arvidsson, P. O; Akerlund, H. E. The xanthophyll cycle, its regulation and components. *Physiologia Plantarum*, v.100, p.806-816, 1997.

Esteves, B. S.; Suzuki, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. *Oecologia Australis*, v.12, p.662-679. 2008.

Farias, S. G. G. de; Santos, D. R.; Freire, A. L. O.; Silva, R. B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de *Gliricídia* (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunt ex Steud) em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1499-1505, 2009.

Fernández-Crespo, E.; Camanes, G.; García-Agustín, P. Ammonium enhances resistance to salinity stress in *citrus* plants. *Journal of Plant Physiology*, v.169, p.1183-1191, 2012.

Ferreira, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v.38, p.109-112, 2014.

Ferreira, P. A.; Moura, R. F.; Santos, D. B.; Fontes, P. C. R.; Melo, R. F. Efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com beterraba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.570-578, 2006.

Ferreira-Silva, S. L.; Silveira, J. A. G.; Voigt, E. L.; Soares, L. S. P.; Viégas, R. A. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.20, p.51-59, 2008.

Fialho, G. S.; Dalvi, L. P.; Corrêa Dalvi, N. B. C.; Kuhlcamp, K. T.; Effgen, E. M. Predição da área foliar em abobrinha-italiana: um método não destrutivo, exato, simples, rápido e prático. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.1, p.59-63, 2011.

Filgueira, F. A. R. Novo manual de olericultura. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 421p.

Flores, P.; Carvajal, M.; Cerda, A.; Martinez, V. Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. *Journal of Plant Nutrition*, v.24, p.1561-1573, 2001.

Flowers, T. J. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p.307-319, 2004.

Foyer, C. H.; Noctor, G. Oxidant and antioxidant signalling in plants: a re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. *Plant, Cell Environment*, v.28, p.1056-1071, 2005.

Freire, J. L. de O.; Dias, T. J.; Cavalcante, L. F.; Fernandes, P. D.; Lima Neto, A. J. de. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. *Revista Ciência Agronômica*, v.45, p.82-91, 2014.

Freitas, M. A. C.; Amorim, A. V.; Bezerra, A. M. E.; Pereira, M. S.; Bessa, M. C.; Nogueira Filho, F. P.; Lacerda, C. F. Crescimento e tolerância à salinidade em três espécies medicinais do gênero *Plectranthus* expostas a diferentes níveis de radiação. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.16, p.839-849, 2014.

Freitas, R. M. O.; Nogueira, N. W.; Oliveira, F. N.; Costa, E. M.; Ribeiro, M. C. C. Efeito da irrigação com água salina na emergência e crescimento inicial de plântulas de jucá. *Revista Caatinga*, v.23, p.54-58, 2010.

Fukushi, Y. K. M. Consorciação de abobrinha italiana e repolho: plantas espontâneas, artrópodes associados e viabilidade econômica do sistema. 2016. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília – DF.

Furlani, P. R.; Bolonhezi, D.; Silveira, L. C. P.; Faquin, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. *Informe Agropecuário*, v.20, p. 90-98, 1999.

Garcia, G. O.; Ferreira, P. A.; Miranda, G. V.; Neves, J. C. L.; Moraes, W. B.; Santos, D. B. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com sódio em plantas de milho sob estresse salino. *Idesia*, v.25, p. 93-106, 2007.

Genty, B.; Briantais, J. M.; Baker, N. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 990, p. 87-92, 1989.

Gheyi, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: Oliveira, T. S.; Assis Junior, R. N.; Romero, R. E.; Silva, J. R. C. (eds). *Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido*. Viçosa: Folha de Viçosa/SBCS, 2000. p. 329-346.

Gómez-Bellot, M. J.; Álvarez, S.; Castillo, M.; Bañón, S.; Ortuño, M. F.; Sánchez-Blanco, M. J. Water relations, nutrient content and developmental responses of *Euonymus* plants irrigated with water of different degrees of salinity and quality. *Journal of Plant Research*, v.126, p.567-576, 2013.

Greenway, H.; Muns, R. Mechanisms of salt tolerance in crop plants. *Plant Physiology*, v.31, p.149-190, 1980.

Guimarães, F. V. A.; Lacerda, C. F.; Marques, E. C.; Miranda, M. R. A.; Abreu, C. E. B.; Prisco, J. T.; Gomes Filho, E. Calcium can moderate changes on membrane structure and lipid composition in cowpea plants under salt stress. *Plant Growth Regulation*, v.65, p.55-63, 2011.

Gurgel, M. T.; Gheyi, H. R.; Oliveira, F. H. T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, p.18-28, 2010.

Gurgel, M. T.; Uyeda, C. A.; Gheyi, H. R.; Oliveira, F. H. T.; Fernandes, P. D.; Silva, F. V. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.3-10, 2010a.

Gurmani, A. R.; Bano, A.; Ullah, N.; Khan, H.; Jahangir, M.; Flowers, T. J. Exogenous abscisic acid (ABA) and silicon (Si) promote salinity tolerance by reducing sodium (Na⁺) transport and bypass flow in rice (*Oryza sativa indica*). *Australian Journal of Crop Science*, v.7, p.1219-1226, 2013.

Harir, Y.; Mittler, R. The ROS Signaling Network of Cells. In: Del Rio, L. A.; Puppo, A. (Ed.). *Reactive oxygen species in plants signaling*. Berlin: Springer-Verlag, 2009. Cap. 10, p. 165-174.

Helali, S. M.; Nebli, H.; Kaddour, R.; Mahmoudi, H.; Lachaâl, M.; Oureghi, Z. Influence of nitrate-ammonium ratio on growth and nutrition of *Arabidopsis thaliana*. *Plant and Soil*, v.74, p.336-365, 2010.

Hessini, K.; Cruz, C.; Gandour, M.; Soltani, A.; Abdelly, C. Do reactive oxygen species (ROS) induced by NaCl contribute to ammonium accumulation in *Spartina alterniflora*? *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v.172, p.851-860, 2009.

Hessini, K.; Hamed, K. B.; Gandour, M.; Mejri, M.; Abdelly, C.; Cruz, C. Ammonium nutrition in the halophyte *Spartina alterniflora* under salt stress: evidence for a priming effect of ammonium? *Plant and Soil*, v.370, p.163-173, 2013.

Hirel, B.; Le Gouis, J.; Ney, B.; Gallais, A. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: Towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of Experimental Botany*, v.58, p.2369-2387, 2007.

Holanda, S. J. R.; Araújo, F. S.; Gallão, M. I.; Medeiros Filho, S. Impacto da salinidade no desenvolvimento e crescimento de mudas de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.47-52, 2011.

Huang, R. D. Research progress on plant tolerance to soil salinity and alkalinity in sorghum. *Journal of Integrative agriculture*, v.17, p. 739-746, 2018.

IBGE. Resultados preliminares do censo agropecuário 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?edicao=21858&t=resultados>>. Acesso em: 27 de outubro de 2018.

Juneau, P.; Green, B. R.; Harrison, P. J. Simulation of Pulse-Amplitude-Modulated (PAM) fluorescence: Limitations of some PAM-parameters in studying environmental stress effects. *Photosynthetica*, v.43, p.75-83, 2005.

Jung, J.; Park, C. Auxin modulation of salt stress signaling in *Arabidopsis* seed germination. *Plant Signaling & Behavior*, v.6, p.1198-1200, 2011.

- Kant, S.; Kant, P.; Lips, H.; Barak, S. Partial substitution of NO_3^- by NH_4^+ fertilization increases ammonium assimilating enzyme activities and reduces the deleterious effects of salinity on the growth of barley. *Journal of Plant Physiology*, v.164, p.303-311, 2007.
- Khan, M. I. R.; Iqbal, N.; Masood, A.; Khan, N. A. Variation in salt tolerance of wheat cultivars: role of glycinebetaine and ethylene. *Pedosphere*, v.22, p.746-754, 2012.
- Klosowski, E. S.; Lunardi, D. M. C.; Sandanielos, A. Determinação do consumo de água e do coeficiente da abóbora na região de Botucatu – SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, p.409-412, 1999.
- Klughammer, C.; Schreiber, U. Complementary PSII quantum yield calculated from simple fluorescence parameters measured by PAM fluorometry and saturation pulse method. *PAM Application Notes*, v.1, p.27-35, 2008.
- Kramer, D. M.; Johnson, G.; Kiirats, O.; Edwards, G. E. New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes. *Photosynthesis Research*, v.79, p.209-218, 2004.
- Lacerda, C. F.; Cambraia, J.; Oliva, M. A.; Ruiz, H. A.; Prisco, J. T. Solute accumulation and distributions during shoot and development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environmental and Experimental of Botany*, v.49, p.107-120, 2003.
- Larcher, W. *Ecofisiologia vegetal*. 3.ed. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2006, 2006. 550 p.
- Li, B.; Li, G.; Kronzucker, H. J.; Baluska, F.; Shi, W. Ammonium stress in Arabidopsis: signaling, genetic loci, and physiological targets. *Trends in Plant Science*, v.19, p.107-114, 2014.
- Lima, G. S.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A.; Silva, A. O. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Engenharia Agrícola*, v.34, p. 854-866, 2014.
- Maas, E. V. Salt tolerance of plants. *Applied Agriculture Research*, v.1, p.12-26, 1986.
- Marí, T. J.; Bosch, S. M.; Carbonell, M. M.; Alegre L. Hydrogen peroxide is involved in the acclimation of the Mediterranean shrub, *Cistus albidus* L., to summer drought. *Journal of Experimental Botany*, v.60, p.107–120, 2009.
- McAllister, C. H.; Beatty, P. H.; Good, A. G. Engineering nitrogen use efficient crop plants: the current status. *Plant Biotechnology Journal*, v. 10, p.1011-1025, 2010.
- Medeiros, J. F.; Terceiro Neto, C. P. C.; Dias, N. S.; Gheyi, H. R.; Silva, M. V. T.; Loiola, A. T. Salinidade e pH de um Argissolo irrigado com água salina sob estratégias de manejo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.11, n.3, p.1407 - 1419, 2017.
- Mendes, B. S. S.; Willadino, L.; Cunha, P. C.; Oliveira Filho, R. A.; Camara, T. R. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. *Revista Caatinga*, v.24, p.71-77, 2011.

- Miranda, R. D. S.; Gomes-Filho, E.; Prisco, J. T.; Alvarez-Pizarro, J. C. Ammonium improves tolerance to salinity stress in *Sorghum bicolor* plants Plant Growth Regulation, v.78, p.121-131, 2015.
- Misra, N.; Gupta, A. K. Effect of salinity and different nitrogen sources on the activity of antioxidant enzymes and indole alkaloid content in *Catharanthus roseus* seedlings. Journal of Plant Physiology, v.163, p.11-18, 2006.
- Munns, R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell & Environment, v.25, p.235-250, 2002.
- Munns, R.; Gilliam, M. Salinity tolerance of crops - What is the cost? New Phytologist, v.208, p.668-673, 2015.
- Munns, R.; James, R. A.; Läuchli, A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, v.57, p.1025-1043, 2006.
- Munns, R.; Tester, M. Mechanism of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, v.59, p.651-681, 2008.
- Nazar, R.; Iqbal, N.; Syeed, S.; Khan, N. A. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. Journal of Plant Physiology, v.168, p.807-815, 2011.
- Netondo, G. W., Onyango, J. C., Beck, E. Sorghum and salinity. II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. Crop Science, v.44, p.806-11, 2004.
- Neves, A. L. R.; Lacerda, C. F.; Guimarães, F. V. A.; Gomes Filho, E.; Feitosa, D. R. C. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.873-881, 2009.
- Nobre, R. G.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Correia, K. G.; Soares, F. A. L.; Andrade, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. Revista Ciência Agronômica, v.41, p.358-365, 2010.
- Oliveira, F. A.; Carrilho, M. J. S.; Medeiros, J. F.; Maracajá, P. B.; Oliveira, M. K. T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p.771-777, 2011.
- Oliveira, F. A.; Medeiros, J. F.; Alves, R. C.; Linhares, P. S. F.; Medeiros, A. M. A.; Oliveira, M. K. T. Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, p.480-486, 2014a.
- Oliveira, F. A.; Medeiros, J. F.; Oliveira, M. K. T.; Souza, A. A. T.; Ferreira, J. A.; Souza, M. S. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, p.465-471, 2013.
- Oliveira, F. A.; Oliveira, F. R. A.; Campos, M. S.; Oliveira, M. K. T.; Medeiros, J. F.; Silva, O. M. P. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.5, p.479-484, 2010a.

Oliveira, F. A.; Pinto, K. S. O.; Bezerra, F. M. S.; Lima, L. A.; Cavalcante, A. L. G.; Oliveira, M. K. T.; Medeiros, J. F. Tolerância do maxixeiro, cultivado em vasos, à salinidade da água de irrigação. *Revista Ceres*, v.61, p.147-154, 2014b.

Oliveira, F. R. A.; Oliveira, F. A.; Medeiros, J. F.; Sousa, V. F. L.; Freire, A. G. Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, p.519-526, 2010c.

Oliveira, I. R. S.; Oliveira, F. N.; Medeiros, M. A.; Torres, S. B.; Teixeira, F. J. V. Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da salinidade da água de irrigação. *Revista Caatinga*, v.23, p.40-45, 2010b.

Oxborough, K.; Baker, N. R. An instrument capable of imaging chlorophyll a fluorescence from leaves at very low irradiance and at cellular and subcellular levels of organization. *Plant, Cell and Environment*, v.20, p.1473-1483, 1997.

Parida, A. K.; Das, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.60, p.324-349, 2005.

Pereira, F. A. L.; Medeiros, J. F.; Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Preston, W.; Vasconcelos, C. B. L. Tolerance of melon cultivars to irrigation water salinity. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, p.846-851, 2017.

Puiatti, M.; Silva, D. J. H. Abóboras e morangas. In: Fontes, P. C. R. (Ed.). *Olericultura: teoria e prática*. Viçosa: DFT - Setor de Olericultura/UFV, 2005. p.279-297.

Ramos, S. R. R.; Lima, N. R. S.; Anjos, J. L.; Carvalho, H. W. L. Aspectos técnicos do cultivo da abóbora na região Nordeste do Brasil. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. Série Documentos, 36 p.

Roháček, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. *Photosynthetica*, v.40, p.13-29. 2002.

Rouphael, Y.; Cardarelli, M.; Rea, E.; Battistelli, A.; Colla, G. Comparison of the subirrigation and drip-irrigation systems for greenhouse zucchini squash production using saline and non-saline nutrient solution. *Agricultural Water Management*, v.82, p.99-117, 2006.

Rouphael, Y.; Micco, V.; Arena, C.; Raimondi, G.; Colla, G.; Pascale, S. Effect of *Ecklonia maxima* seaweed extract on yield, mineral composition, gas exchange, and leaf anatomy of zucchini squash grown under saline conditions. *Journal of Applied Phycology*, v.29, p.459-470, 2017.

Ruiz-Sánchez, M. C.; Domingo, R.; Torrecillas, A.; Pérez-Pastor, A. Water stress preconditioning to improve drought resistance in young apricot plants. *Plant Science*, v.156, p.245-251, 2000.

Sá, F. V. S.; Brito, M. E. B.; Silva, L. A.; Moreira, R. C. L.; Fernandes, P. D.; Figueiredo, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira - Sunki Comum sob solução hidropônica salinizada. *Comunicata Scientiae*, v.6, p.463-470, 2015.

Sá, F. V. S.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S.; Paiva, E. P.; Lacerda, C. F.; Fernandes, P. D. Saline water, nitrogen and phosphorus on water relations and physiological aspects of West Indian cherry. *Comunicata Scientiae*, v.9, p.430-437, 2018.

Sá, F. V. S.; Lima, G. S.; Santos, J. B.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A.; Cavalcante, L. F.; Paiva, E. P.; Souza, L. P. Growth and physiological aspects of bell pepper (*Capsicum annuum*) under saline stress and exogenous application of proline. *African Journal of Biotechnology*, v.15, p.1970-1976, 2016.

Sairam, R. K.; Tyagy, A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current Science*, v.86, p.407-421, 2004.

Santos, J. B.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S.; Xavier, D. A.; Cavalcante, L. F.; Centeno, C. R. M. Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. *Comunicata Scientiae*, v.7, p.86-96, 2016.

Savvas, D.; Leneti, H.; Mantzos, N.; Kakarantza, L.; Barouchas, P. Effects of enhanced NH_4^+ - N supply and concomitant changes in the concentrations of other nutrients needed for ion balance on the growth, yield, and nutrient status of eggplants grown on rockwool. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, v.85, p.355-361, 2010.

Siddiqi, M. Y.; Malhotra, B.; Min, X.; Glass, A. D. M. Effects of ammonium and inorganic carbon enrichment on growth and yield of a hydroponic tomato crop. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v.165, p.191-197, 2002.

Siddiqui, M. K.; Khan, M. N.; Mohammad, F.; Khan, M. M. A. Role of nitrogen and gibberellic acid (GA_3) in the regulation of enzyme activities and in osmoprotectant accumulation in *Brassica juncea* L. under salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.194, p.214-224, 2008.

Silva, E. C.; Nogueira, R. J. M. C.; Araujo, F. P.; Melo, N. F.; Azevedo Neto, A. D.; Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environmental and Experimental Botany*, v.63, p.147-157, 2008.

Silva, E. M.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Sá, F. V. S. Souza, L. P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, p.776-781, 2018.

Silva, F. G.; Dutra, W. F.; Dutra, A. F.; Oliveira, I. M.; Filgueiras, L. M. B.; Melo, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, p.946-952, 2015.

Silva, F. L. B.; Lacerda, C. F.; Neves, A. L. R.; Sousa, G. G.; Sousa, C. H. C.; Ferreira, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. *Irriga*, v.18, n.2, p.304-317, 2013.

Silva, L. de A.; Brito, M. E. B.; Sá, F. V. da S.; Moreira, R. C. L.; Soares Filho, W. dos S.; Fernandes, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p.S1-S7, 2014.

- Singh, H. P.; Batish, D. R.; Kohli, R. K.; Arora, K. Arsenic-induced root growth inhibition in mung bean (*Phaseolus aureus* Roxb.) is due to oxidative stress resulting from enhanced lipid peroxidation. *Plant Growth Regulation*, v.53, p.65-73, 2007.
- Soares, L. A. A.; Fernandes, P. D.; Lima, G. S.; Brito, M. E. B.; Nascimento, R.; Arriel, N. H. Physiology and production of naturally-colored cotton under irrigation strategies using salinized water. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.53, p.746-755, 2018.
- Sobolev, A. P.; Testone, G.; Santoro, F.; Nicolodi, C.; Iannelli, M. A.; Amato, M. E.; Ianniello, A.; Brosio, E.; Giannino, D.; Mannina, L. Quality traits of conventional and transgenic Lettuce (*Lactuca sativa* L.) at harvesting by NMR metabolic profiling. *Journal of Agricultural of Food Chemistry*, v.58, p.6928-36, 2010.
- Sousa, G. G.; Lacerda, C. F.; Silva, G. L.; Freitas, C. A. S.; Cavalcante, L. F.; Sousa, C. H. C. Acumulação de biomassa, teores e extração de micronutrientes em plantas de milho irrigadas com águas salinas. *Agropecuária Técnica*, v.1, p1-10, 2010.
- Sousa, J. R. M. de; Gheyi, H. R.; Brito, M. E. B.; Xavier, D. A.; Furtado, G. de F. Impact of saline conditions and nitrogen fertilization on citrus production and gas exchanges. *Revista Caatinga*, v.29, p.415-424, 2016.
- Sousa, R. A.; Lacerda, C. F.; Amaro filho, J.; Hernandez, F. F. F. Crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.2, p.75-82, 2007.
- Strassburger, A.; Marins, R.; Andrade, L.; Zanatta, T. Crescimento e produtividade da abobrinha italiana: efeito da concentração iônica da solução nutritiva. *Semina: Ciências Agrárias*, v.32, p.553-564, 2011.
- Streck, L.; Heldwein, A. B.; Buriol, G. A.; Dalmago, G. A.; Trentin, G.; Wilsmann, S. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura da abóbora italiana em estufa plástica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.11, p.43-52, 2003.
- Syvetsen, J. P.; Garcia-Sanchez, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. *Environmental and Experimental Botany*, v.103, p.128-137, 2014.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- Talei, D.; Kadir, M. A.; Yusop, M. K.; Valdiani, A.; Abdullah, M. P. Salinity effects on macro and micronutrients uptake in medicinal plant King of Bitters (*Andrographis paniculata* Nees.). *Plant Omics Journal*, v. 5, p.271-278, 2012.
- Tatagiba, S. D.; Moraes, G. A. B. K.; Nascimento, K. J. T.; Peloso, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas à crescentes concentrações salinas. *Engenharia na agricultura*, v.22, p.138-149, 2014.
- Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen H.; Volkweiss, S.J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5)

- Tester, M.; Davenport, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, v.91, p.503-527, 2003.
- Timperio, A. M.; Egidi, M. G.; Zolla, L. Proteomics applied on plant abiotic stresses: role of heat shock proteins (HSP). *Journal of Proteomics*, v.71, p.391-411, 2008.
- Trani, P. E.; van Raij, B. Hortaliças. In: van Raij, B.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. (Org.) *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. 285p.
- Turan, S.; Tripathy, B. C. Salt and genotype impact on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in two rice cultivars during de-etiolation. *Protoplasma*, v.250, p.209-222, 2012.
- Víllora, G.; Moreno, D. A.; Pulgar, G.; Romero, L. Yield improvement in zucchini under salt stress: determining micronutrient balance. *Scientia Horticulturae*, v.86, p.175-183, 2000.
- Viudes, E. B.; Santos, A. C. P.; Caracterização fisiológica e bioquímica de artemisia (*Artemisia annua* L.) submetida a estresse salino. *Colloquium Agrariae*, v.10, p.84-91, 2014.
- Wan, S.; Kang, Y.; Wang, D.; Liu, S. Effect of saline water on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield and water use under drip irrigation in North China. *Agricultural Water Management*, v.98, p.105-113, 2010.
- Wang, C.; Song, H. Z.; Pei, F. W.; Wei, L.; Jie, L. Effects of ammonium on the anti-oxidative response in *Hydrilla verticillata* L. royle plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.73, p.189-195, 2010.
- Wasti, S.; Mimouni, H.; Smiti, S.; Zid, E.; Ben Ahmed, H. Enhanced salt tolerance of tomatoes by exogenous salicylic acid applied through rooting medium. *OMICS* v.16, p.200-207, 2012.
- Wellburn, A. R. The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*, v.144, p.307-313, 1994.
- Wu, X.; He, J.; Chen, J.; Yang, S.; Zha, D. Alleviation of exogenous 6-benzyladenine on two genotypes of egg plant (*Solanum melongena* Mill.) growth under salt stress. *Protoplasma*, v.251, p.169-176, 2013.
- Xu, G.; Fan, X.; Miller, A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology*, v.63, p.153-182, 2012.
- Yousif, B. S.; Nguyen, T. N.; Fukuda, Y.; Hakata, H.; Okamoto, Y.; Masaoka, Y.; Saneoka, H. Effect of Salinity on Growth, Mineral Composition, Photosynthesis and Water Relations of Two Vegetable Crops; New Zealand Spinach (*Tetragonia tetragonioides*) and Water Spinach (*Ipomoea aquatica*). *International Journal of Agriculture & Biology*, v.12, p. 211-216, 2010.
- Zanandrea, I.; Nassi, F. L.; Turchetto, A. C.; Braga, E. J. B.; Peters, J. A.; Bacarin, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. *Revista Brasileira de Agrocências*, v.12, p.157-161, 2006.
- Zhou, Y.; Zhang, Y.; Wang, X.; Cui, J.; Xia, X.; Shi, K.; Yu, J. Effects of nitrogen form on growth, CO₂ assimilation, chlorophyll fluorescence, and photosynthetic electron allocation in

cucumber and rice plants. Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine and Biotechnology), v.12, p.126-134, 2011.