

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO ASSOCIADO A PARTIÇÃO IÔNICA EM PORTA-ENXERTOS DE Videira SUBMETIDOS AO ESTRESSE SALINO

EVALUATION OF GROWTH ASSOCIATE TO IONIC PARTITIONING IN VINE ROOTSTOCKS SUBJECTED TO SALT STRESS

Hermínio, PJ; Amorim TL; Barroso Neto, J; Patriota, MA; Ferreira-Silva, SL

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Pós-Graduação em Produção Vegetal CEP 56.909-535, Serra Talhada/PE. Brasil. barroso.neto@hotmail.com; tiallaamorim@hotmail.com; pedro.herminio@ufrpe.br; maiapatriota@gmail.com; sergio.luiz@ufrpe.br

Resumo A concentração elevada de sais no solo é um dos fatores limitantes da produção agrícola. A toxicidade, iônica causada pelo estresse salino nas plantas, ocorre com o resultado do balanço entre os processos de absorção, acumulação e distribuição de íons salinos tóxicos na planta. O presente estudo analisou a tolerância de variedades de porta-enxertos de videiras sob estresse salino com base no crescimento e acumulação de Na^+ , Cl^- e relação K^+/Na^+ . Para isso, foram avaliadas quatro variedades de videira (IAC 313, IAC 572, SO4, Paulsen) crescidas em condições de casa de vegetação e submetidas a três concentrações de NaCl (0, 40 e 80mM). Após 26 dias de aplicação de tratamentos, as plantas foram separadas em raízes, caules e folhas, e foram medidos o peso fresco, conteúdo dos íons potássio, sódio e cloreto, sendo mensurado a partir destes dados a relação raiz/parte aérea e potássio/sódio. As variedades IAC 313 e 572 obtiveram resultados que determinam uma melhor tolerância ao meio salino a nível de 80 mM de NaCl, por proporcionar maior regulação da concentração íons (Na^+ e Cl^-) nas folhas, protegendo contra a toxicidade iônica e mantendo a homeostase do K^+ .

Palavras-chave: estresse abiótico; salinidade; regulação osmótica.

Introdução: A salinidade é um fator abiótico que pode reduzir a produção agrícola, principalmente em regiões áridas e semiáridas de todo o mundo (MUNNS, GILLIHAM, 2015). Esse problema ocorre primeiramente devido aos fatores de formação do solo, mas que pode se agravar ainda mais com as condições climáticas e o mau uso da irrigação, resultando em um acúmulo cada vez maior de sais na superfície. Os sais mais prejudiciais para o metabolismo vegetal são o sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-), quando acumulados em excesso. Inicialmente, esses constituintes causam um estresse osmótico, devido ao aumento da pressão osmótica do solo, e com o passar do tempo a absorção desses íons pode provocar a toxicidade iônica, levando a um desequilíbrio nutricional e outras disfunções metabólicas, pois o alto teor de Na^+ causa também a deficiência de K^+ devido à suas semelhanças físico-químicas, interferindo na ligação do K^+ e com a ativação de enzimas chave envolvidas na fotossíntese (SHARMA et al., 2013). A fotossíntese é um dos principais processos para o crescimento das plantas, principalmente em plantas cultivadas, pois a maioria é sensível à salinidade, inclusive as videiras. Técnicas agrônomicas e de engenharia são desenvolvidas para minimizar os impactos da salinidade, tendo como solução o desenvolvimento e introdução de cultivares mais tolerantes (MUNNS, GILLIHAM, 2015). Outra estratégia promissora é o uso de porta-enxertos tolerantes à salinidade. Portanto, objetiva-se neste trabalho avaliar a toxicidade iônica de quatro porta-enxertos de videira submetidos a diferentes níveis de salinidade.

Metodologia: As mudas foram fornecidas por viveiro comercial (Petromudas LTDA) e produzidas (conforme as regras de certificação para a produção de sementes e mudas), a partir de estacas das variedades SO4, Paulsen, IAC 572 e IAC 313, enraizadas em sacos plásticos de 1 L contendo substrato com uma mistura de areia fina + barro vegetal na proporção 3/2. O



experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil (07°59'31''S, 38°17'54''W), a 444 m acima do nível do mar, entre junho de 2016 e julho de 2017. Até o estágio de 8-10 folhas (~30 dias) as mudas foram mantidas em condições de sombreamento (70%) e irrigação diariamente. Em seguida, as mudas foram transplantadas para vasos de 5L contendo areia e vermiculita (v/v) na proporção 1/1 e irrigadas a cada dois dias com solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) diluída 1/1. Após crescidas por 30 dias nessas condições, foram expostas a concentrações crescente de NaCl (0, 40 e 80 mM) dissolvido na solução nutritiva e aplicada a cada dois dias durante 26 dias. Ao final do ensaio, as mudas foram coletadas, separadas em raízes, caules e folhas, sendo determinada a massa fresca, utilizando uma balança semianalítica. Para o conteúdo de sódio (Na⁺), potássio (K⁺) e cloreto (Cl⁻), amostras dos tecidos de raízes, caules e folhas foram secos em estufa a 70°C por 5 dias e em seguida trituradas em moinho para obtenção das farinhas. A extração para Na⁺ e K⁺ foi realizada a partir de amostras (100 mg) de farinhas em tubos, com tampas rosqueadas, contendo 10 ml de água ultrapura, sendo logo após colocadas em banho maria a 100 °C por 1 hora, conforme descrito por Maia et al. (2010). Os extratos foram filtrados e as leituras de Na⁺ e K⁺ foram realizadas em fotômetro de chama. Os conteúdos (Na⁺ e K⁺) foram estimados com base em curva padrão de NaCl e KCl e os resultados expressos em µmolg⁻¹ massa seca. Para a extração do Cl⁻ foram utilizados 200 mg de farinhas em tubos, com tampas rosqueadas, contendo 15 ml de água ultrapura, também colocadas em banho maria a 100 °C por 1 h. Em seguida foram levadas para um agitador, durante 3 horas. Após esse processo os extratos foram filtrados, completados os volumes com água ultrapura para 25 ml e realizada a titulação do cloreto com nitrato de prata a 28 mM, utilizando o cromato de potássio a 5% como indicador.

Resultados e Discussão: O principal sintoma do estresse salino é a diminuição do potencial osmótico através do aumento do conteúdo dos sais (Na⁺ e Cl⁻) na estrutura da planta. No entanto, mesmo o cloro sendo um micronutriente torna-se tóxico em concentrações elevadas, dificultando a permanência da manutenção do gradiente osmótico em salinidade elevada no solo. A diminuição da biomassa foi o primeiro resultado do estresse salino, devido ao fechamento estomático causado pela seca fisiológica, que por sua vez, inibiu a fotossíntese, demonstrado pela diferença estatística na IAC 572 a nível de 40 mM de NaCl (Tabela 1), reduzindo em cerca de 45,5% de massa foliar.

Tabela 1 Conteúdo de massa fresca de folhas, caules e raízes de plantas de quatro porta-enxertos de videira (IAC 313, IAC 572, SO4 e Paulsen) submetidas à salinidade (0, 40 e 80 mM de NaCl) durante 26 dias em condições de casa de vegetação.

Porta-enxertos	NaCl (mM)	(g MF planta ⁻¹)			Parte aérea/raiz
		Raiz	Caule	Folha	
IAC 313	0	36,69±2,28 aA	23,24±0,67 aA	26,63±1,97 aA	4,98±0,48 aA
	40	44,63±0,53 aA	21,49±0,87 aA	23,85±0,04 aA	4,78±0,72 aA
	80	47,03±5,40 aA	21,28±0,99 aA	25,01±0,32 aA	5,17±0,19 aA
IAC 572	0	46,56±15,80 aA	23,56±0,49 aA	28,61±3,92 aA	5,96±1,66 aA
	40	38,47±7,48 aAB	23,39±0,20 aA	20,81±0,50 aB	5,14±1,35 aA
	80	25,88±20,73 bB	18,16±1,80 bB	13,01±2,05 bC	3,15±0,33 bB
SO4	0	13,21 ±1,01 bA	8,53±1,56 bA	4,17±2,12 bA	2,21±0,53 bA
	40	12,71 ±0,70 bA	6,50±0,14 cAB	1,96±0,07 bA	1,77±0,30 bA
	80	9,92 ± 2,32 cA	5,31±0,33 dB	1,58±0,14 cA	1,69±0,59 bA
Paulsen	0	18,25 ±4,73 bA	9,92±0,84 bA	2,02±0,50 bA	1,87±0,12 bA
	40	15,36 ±1,05 bA	10,69±1,46 bA	3,99±0,00 bA	2,59±0,23 bA
	80	12,52 ±4,13 bcA	10,33±0,09 cA	2,72±0,00 cA	2,98±0,65 bA



Os valores representam médias de três repetições \pm desvio padrão. Médias para a mesma variável dentro da mesma coluna, para o porta-enxerto, seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si e médias para mesma variável dentro da mesma coluna, para salinidade, seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Já a 80 mM de NaCl as variedades afetadas foram a IAC 572 em todas as partes e a SO4 no caule. Houve também uma redução da relação parte aérea/raiz nesta condição, mas apenas na IAC 572. Com o aumento da concentração de NaCl apenas a IAC 313 não teve uma diminuição significativa no seu peso fresco em nenhuma estrutura (raiz, caule e folha). A quantidade de sódio nos órgãos das plantas aumentou seguindo a concentração de NaCl aplicado no substrato (Tabela 2). No entanto, as variedades IAC 313 e IAC 572 apesar de apresentarem os mesmos valores de conteúdo do cátion sódico na raiz, foram diferentes no acúmulo da parte aérea, evidenciando algum tipo de mecanismo que atua na exclusão ou ajuste osmótico do íon Na^+ pela raiz, como encontrado no trigo, associado por Byrt *et al.* (2007) a maior exclusão do sódio na folha devido a afinidade dos transportadores.

Tabela 2 Conteúdo de sódio em tecidos de folhas, caules e raízes de plantas de quatro porta-enxertos de videira (IAC 313, IAC 572, SO4 e Paulsen) submetidas à salinidade (0, 40 e 80 mM de NaCl) durante 26 dias em condições de casa de vegetação.

Porta-enxertos	NaCl (mM)	($\mu\text{mol g}^{-1}$ MS)		
		Raiz	Caule	Folha
IAC 313	0	139,02 \pm 2,65 bC	102,66 \pm 3,67 aC	47,66 \pm 3,67 abB
	40	357,47 \pm 18,33 aB	177,21 \pm 11,20 bB	58,66 \pm 13,22 cAB
	80	443,02 \pm 25,24 abA	233,42 \pm 16,53 bA	83,10 \pm 16,53 bA
IAC 572	0	221,51 \pm 25,41 aC	94,10 \pm 10,58 aB	33,00 \pm 3,67 bB
	40	349,83 \pm 38,98 aB	193,10 \pm 5,60 abA	50,11 \pm 9,23 cB
	80	488,85 \pm 57,30 aA	207,76 \pm 27,52 bA	84,33 \pm 22,00 bA
SO4	0	113,05 \pm 7,00 bC	98,99 \pm 18,33 aC	83,10 \pm 2,12 bC
	40	250,54 \pm 2,65 bB	197,98 \pm 14,67 abB	158,88 \pm 7,63 bB
	80	417,05 \pm 9,17 bA	240,76 \pm 23,85 bA	347,08 \pm 9,23 aA
Paulsen	0	148,18 \pm 25,24 bB	94,10 \pm 16,93 aC	58,66 \pm 3,67 abC
	40	313,17 \pm 38,97 aA	218,76 \pm 8,47 aB	223,65 \pm 29,33 aB
	80	314,70 \pm 16,09 cA	281,09 \pm 5,60 aA	325,08 \pm 31,18 bA

Os valores representam médias de três repetições \pm desvio padrão. Médias para a mesma variável dentro da mesma coluna, para o porta-enxerto, seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si e médias para mesma variável dentro da mesma coluna, para salinidade, seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 3 Conteúdo de potássio em tecidos de folhas, caules e raízes de plantas de quatro porta-enxertos de videira (IAC 313, IAC 572, SO4 e Paulsen) submetidas à salinidade (0, 40 e 80 mM de NaCl) durante 26 dias em condições de casa de vegetação.

Porta-enxerto	NaCl (mM)	($\mu\text{mol g}^{-1}$ MS)		
		Raiz	Caule	Folha
IAC 313	0	447,9 \pm 13,71 abA	320,54 \pm 5,59 aA	321,76 \pm 10,97 aB
	40	402,19 \pm 4,57 aA	268,13 \pm 18,04 aB	330,29 \pm 27,44 cB
	80	399,15 \pm 20,61 aA	218,16 \pm 17,28 aB	397,32 \pm 5,59 aA
IAC 572	0	482,94 \pm 26,39 aA	305,91 \pm 42,06 aA	372,94 \pm 29,25 aA
	40	414,38 \pm 34,30 aB	243,75 \pm 42,06 aB	408,29 \pm 21,11 aA
	80	391,53 \pm 61,71 aB	215,72 \pm 54,84 aB	421,69 \pm 23,79 aA
SO4	0	452,47 \pm 36,28 abA	170,63 \pm 23,79 bA	375,38 \pm 45,72 aA
	40	414,38 \pm 46,68 aA	154,78 \pm 21,42 bB	394,88 \pm 7,31 abA
	80	290,98 \pm 13,96 bB	149,91 \pm 14,63 bB	255,94 \pm 18,28bB
Paulsen	0	391,53 \pm 16,05 bA	156,00 \pm 16,49 bA	325,41 \pm 47,53 aAB
	40	319,93 \pm 13,71 bB	146,25 \pm 25,59 bB	347,35 \pm 3,66 bcA
	80	274,22 \pm 9,14 bB	134,06 \pm 5,59 bC	283,97 \pm 2,11 bB



Os valores representam médias de três repetições \pm desvio padrão. Médias para a mesma variável dentro da mesma coluna, para o porta-enxerto, seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si e médias para mesma variável dentro da mesma coluna, para salinidade, seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para manter o equilíbrio iônico na planta sempre que o Na^+ é transportado ocorre a diminuição de outro elemento (K, Mg ou Ca). Na Tabela 3, o conteúdo de potássio nas variedades submetidas ao estresse foi afetado apenas na SO4 e Paulsen, com queda de cerca 35,7% para raiz, 12,1% no caule e 31,8% na folha em SO4, e de 30%, 14,1% e 12,7%, respectivamente para Paulsen. A relação potássio e sódio (K^+/Na^+) nas variedades teve um decréscimo cerca de 3 vezes para a IAC 313, SO4 e IAC 572 e 2 vezes para a Paulsen em relação ao controle no maior nível de salinidade para as raízes, sendo observado o mesmo comportamento no caule (Tabela 4). Na estrutura foliar das variedades IAC 313 e 572, as folhas mantêm níveis elevados da relação K^+/Na^+ , mesmo que a IAC 572 difira estatisticamente entre os níveis de sal, demonstrando a grande afinidade que os transportadores de potássio têm nas raízes e caules, o que mantém a níveis aceitáveis o sódio. Com relação ao conteúdo de cloreto (Tabela 5), houve um incremento com o aumento da concentração de NaCl nas estruturas das raízes e caules, contudo isso não foi mostrado nas folhas, sugerindo algum mecanismo de regulação por transportadores como foi demonstrado por Storey *et. al.* (2003), com a análise da anatomia da raiz de videiras que obtiveram maior acúmulo de cloreto e sódio na raiz. A IAC 313, que não divergiu aos 40 mM em relação ao controle, obteve menores teores de acumulação de Cl⁻ em relação às outras variedades. Já a IAC 572 e Paulsen, mesmo não diferindo a níveis mais elevados, apresentaram os maiores acúmulos dos íons nas folhas em relação às outras variedades.

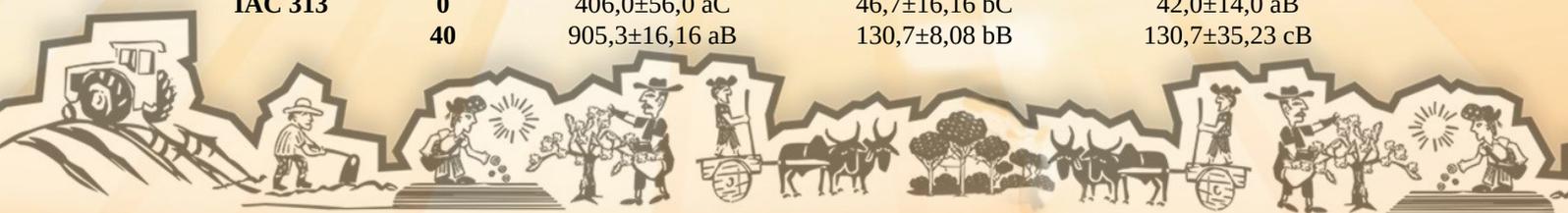
Tabela 4 Relação K^+/Na^+ em tecidos de folhas, caules e raízes em plantas de quatro porta-enxerto de videira (IAC 313, IAC 572, SO4 e Paulsen) submetidas à salinidade (0,40 e 80 mM de NaCl) durante 26 dias em condições de casa de vegetação.

Porta-enxerto	NaCl (mM)	(Relação K^+/Na^+)		
		Raiz	Caule	Folha
IAC 313	0	3,22 \pm 0,117 bA	3,12 \pm 0,109 aA	6,782 \pm 0,686 bA
	40	1,12 \pm 0,053 abB	1,51 \pm 0,060 aB	5,790 \pm 1,088 bA
	80	0,90 \pm 0,008 aB	0,94 \pm 0,137 aC	4,920 \pm 1,062 aA
IAC 572	0	2,20 \pm 0,609 cA	3,27 \pm 0,584 aA	11,360 \pm 1,055 aA
	40	1,19 \pm 0,196 abB	1,26 \pm 0,207 abB	8,358 \pm 1,798 aB
	80	0,80 \pm 0,106 aB	1,02 \pm 0,129 aB	5,261 \pm 1,499 aC
SO4	0	4,00 \pm 0,314 aA	1,78 \pm 0,538 bA	4,657 \pm 0,657 cA
	40	1,65 \pm 0,198 aB	0,78 \pm 0,072 bB	2,488 \pm 0,093 cB
	80	0,69 \pm 0,019 aC	0,63 \pm 0,124 aB	0,738 \pm 0,062 bB
Paulsen	0	2,71 \pm 0,609 bcA	1,70 \pm 0,430 bA	5,580 \pm 1,068 bcA
	40	1,02 \pm 0,084 bB	0,66 \pm 0,096 bB	1,57 \pm 0,198 cB
	80	0,87 \pm 0,067 aB	0,47 \pm 0,029 aB	0,879 \pm 0,079 bB

Os valores representam médias de três repetições \pm desvio padrão. Médias para a mesma variável dentro da mesma coluna, para o porta-enxerto, seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si e médias para mesma variável dentro da mesma coluna, para salinidade, seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 5 Conteúdo de cloreto em tecidos de folhas, caules e raízes de plantas de quatro porta-enxertos de videira (IAC 313, IAC 572, SO4 e Paulsen) submetidas à salinidade (0, 40 e 80 mM de NaCl) durante 26 dias em condições de casa de vegetação.

Porta-enxertos	NaCl (mM)	($\mu\text{mol g}^{-1}$ MS)		
		Raiz	Caule	Folha
IAC 313	0	406,0 \pm 56,0 aC	46,7 \pm 16,16 bC	42,0 \pm 14,0 aB
	40	905,3 \pm 16,16 aB	130,7 \pm 8,08 bB	130,7 \pm 35,23 cB



	80	1318,8±10,09 aA	242,7±21,38 cA	364,0±28,0 bcA
	0	462,0±42,0 aB	149,3±8,08 aB	46,7±8,08 aB
	40	994,0±140,0 aA	261,3±8,08 aA	462,0±28,0 aA
	80	1101,3±49,16 bA	336,0±70,0 bA	546,0±168,0 aA
SO4	0	177,3±64,66 bC	51,3±8,08 bC	42,0±28,0 aB
	40	336,5±0,808 bB	140,0±14,0 bB	294,0±0,00 bA
	80	541,3±63,12 cA	406,0±98,0 bA	326,7±21,38 cA
Paulsen	0	168,0±42,0 bC	60,7±16,16 bC	18,7±8,08 aC
	40	415,3±49,16 bB	294,0±14,00 aB	359,3±8,08 abB
	80	578,7±29,14 cA	513,3±35,23 aA	471,3±35,23 abA

Os valores representam médias de três repetições ± desvio padrão. Médias para a mesma variável dentro da mesma coluna, para o porta-enxerto, seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si e médias para mesma variável dentro da mesma coluna, para salinidade, seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Conclusão: Os resultados sugerem que o uso de porta-enxerto tolerante pode conferir uma melhor aclimação à salinidade, indicando que as variedades IAC 313 e IAC 572 são uma boa opção para ambientes que podem causar esse tipo de estresse. Essa tolerância à toxicidade apresentada pelos porta-enxertos indicados pode estar relacionada com a capacidade de manter um menor acúmulo de Na^+ nas folhas e com a retenção de K^+ no mesófilo foliar, sendo a homeostase de K^+ essencial na manutenção de diversos processos no metabolismo vegetal.

Agradecimentos: À UFRPE, ao CNPq e à FACEPE.

Referências

- BYRT C.S., *et al.* Like Cation Transporters Linked to Na^+ Exclusion Loci in Wheat, *Nax2* and *Kna1*. **Fisiologia Vegetal**, 143 (4) 1918-1928; DOI: 10.1104/pp.106.093476, Abr.2007.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I The water-culture method for growing plants without soil. **Cir Calif Agr Exp Stan** 347: 1–32. 1950.
- MAIA, J.M., MACEDO, C.E.C., VOIGT, E.L., FREITAS, J.B.S., SILVEIRA, J.A.G.: Antioxidative enzymatic protection in leaves of two contrasting cowpea cultivars under salinity. - **Biol. Plant.** 54: 159-163, 2010.
- MUNNS, R., GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops – what is the cost? **New Phytologist** 208: 668–673. 2015.
- SHARMA, I.; *et al.* Exogenous application of brassinosteroid offers tolerance to salinity by altering stress responses in rice variety Pusa Basmati-1. **Plant Physiol. Biochem.** 69, 17-26. 2013.
- STOREY R., *et al.* Root structure and cellular chloride, sodium and potassium distribution in salinised grapevines. **Plant, Cell & Environment** 26, 789–800, 2003.

