TANIA

FOL
G38

SUBSTITUTIÇÃO DE POTÁSSIO POR SÓDIO NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS: I. Alface (Lactuca Sativa L.)

José Ribamar Pereira* e R. L. Westerman**

CPATSA
BIBLIOTECA

* Engº Agrº, M.S., responsável pelo Laboratório de Solos, Água e Plantas da SUDENE, Petrolina, Pernambuco.

** Prof. Assistente, Depto. de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade de Arizona, Tucson, Arizona.

EMBRAPA

RESUMO

O efeito de diferentes níveis de sódio e potássio e suas interações sobre a produção e a composição química da alface (Lactuca sativa, L.) cultivar "vanguard" foram investigadas. As plantas foram cultivadas em solução nutritiva. Os níveis de sódio e potássio foram: 0; 2,5; 5,0 e 10,0 me, isoladamente e em combinação por litro de solução nutritiva. As plantas foram colhidas 45 dias após a germinação e a parte aérea e raízes foram separadas e pesadas antes e depois de secas a 60°C.

O sódio funcionou como um substituto parcial para o potássio na nutrição de alface. Uma interação negativa sobre a produção foi observada em plantas cultivadas em alta concentração de sódio e potássio. O sódio aumentou a produção sobre a testemunha, entretanto o aumento foi somente cerca de 50% daquela obtida com potássio.

Os tratamentos influenciaram de uma maneira muito acentuada a absorção e acumulação de sódio e potássio. Foi observado um decréscimo na quantidade de potássio tanto na parte aérea como nas raízes quando o sódio estava presente na solução nutritiva. Reciprocamente mas com maior intensidade, o potássio também provocou um decréscimo na absorção de sódio pelas plantas. Os teores de cálcio e magnésio e as percentagens de nitrogênio total, nitrogênio nítrico e nitrogênio orgânico mais amoniacal, na parte aérea e raízes foram relativamente influenciados pelos tratamentos. Diferentes níveis de sódio e potássio não tiveram nenhum efeito sobre o teor de fósforo total tanto na parte aérea como nas raízes.

INTRODUÇÃO

O efeito do sódio sobre as propriedades físicas do solo e nutrição das plantas tem sido tópico de intensiva pesquisa. Sabe-se que o sódio tem um importante papel na nutrição das plantas. Em alguns casos, o sódio pode agir como um substituto parcial para potássio, exercendo as funções deste último elemento no metabolismo da planta ou complementando-o. Além disso, o sódio pode ter um efeito tóxico sobre as plantas quando presente no substrato em grande quantidade (4, 5, 9, 13, 15, 23).

Diversos pesquisadores (9, 14, 23, 25) têm observado que o sódio pode ser benéfico para algumas plantas, mesmo quando cultivadas em um meio com alto teor de potássio. Em contraste, outras plantas não respondem a aplicação de sódio, mesmo em ausência de potássio.

A resposta e assimilação do sódio pelas plantas diferem grandemente entre as espécies vegetais (3, 7). De acordo com outros investigadores, a assimilação do sódio pelas plantas é controlada pelas características genéticas, idade das plantas e a concentração relativa de sódio e potássio no meio (5, 10, 16, 23), contudo o teor de sódio e a distribuição dentro da planta diferem grandemente entre as espécies, mesmo se elas são cultivadas em meio com idêntica concentração de sódio (1, 2, 3, 10, 13, 17).

Tem sido observado por diversos pesquisadores que a acumulação de sódio na parte aérea das plamtas está estreitamente relacionada à tolerância e produção destas. Em feijão, por exemplo, o sódio é assimilado, mas fica retido nas raízes, entretanto aumentando sua concentração e diminuindo o potássio do meio, o sódio será translocado das raízes para a parte aérea, causando toxidez (1, 2, 10, 17, 19, 24).

Tendo em vista a importância do sódio e sua relação com o potássio na nutrição das plantas, foi proposto, neste experimento, determinar os efeitos de diferentes níveis de sódio e potássio e a interação desses dois elementos na produção e composição química da alface (Lactuca sativa, L.) cultivar vanguard.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido em casa de vegetação. As plantas foram cultivadas em solução nutritiva de Hoagland (8), variando, entretanto, os níveis de potássio e sódio.

Os tratamentos consistiram em quatro níveis de sódio e potássio dispostos em um experimento fatorial de 4^2 em blocos casualizados com 3 repetições. Estes elementos foram usados nas formas de cloretos em quantidades equivalentes a 0, 2,5, 5,0 e 10,0 me/l de solução nutritiva e são representados pelos símbolos: Na_0, Na_2, Na_3 e K_0, K_1, K_2 e K_3 para os níveis de sódio e potássio, respectivamente. O nitrogênio foi usado na forma de nitrato, para que fosse possível avaliar o efeito das diferentes concentrações de sódio e potássio sobre o metabolismo do nitrogênio na planta.

A solução nutritiva foi preparada com água desmineralizada, isto para minimizar os efeitos de sódio e potássio extras. O pH das soluções de todos os tratamentos foi mantido em torno de 6.

As sementes da alface foram colocadas para germinar em vermiculita. Oito dias após a germinação, as plantas foram transferidas para vasos plásticos contendo solução nutritiva, permanecendo aí durante 10 dias. Após este período foram colocadas duas plantas em cada vaso contendo as soluções testes apropriadas, totalizando seis plantas para cada tratamento. As soluções nutritivas nos vasos ocupavam um volume de dois litros, e eram renovadas cada oito dias. Diariamente adicionava-se água desmineralizada para completar o volume fixado. A aeração foi feita fazendo-se passar ar artificialmente através das soluções (8).

As plantas permaneceram nas soluções testes durante 27 dias. Após este pe[illegible]damente, pesadas, secas a 60°C e novamente pesadas. Após a colheita, as raízes foram lavadas com água desmineralizada para eliminar os nutrientes adsorvidos na superfície das raízes. O material seco foi passado através de um moinho para fins de análises.

Matéria seca, cálcio, magnésio, potássio, sódio, nitrogênio total, nitro-

gênio nítrico e fósforo total foram determinados separadamente na parte aérea e raízes.

O nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl e o nitrogênio nítrico pelo método do ácido fenoldissulfonico (11). O nitrogênio orgânico mais amoniacal foi obtido pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio nítrico. O extrato, para as determinações do potássio, sódio, cálcio, magnésio e fósforo total, foi obtido através da pré-digestão do material seco com ácido nítrico concentrado e digestão final com água oxigenada a 30%. O sódio e o potássio foram determinados por fotometria de chama, enquanto que o cálcio e o magnésio foram determinados por absorção atômica. A determinação do fósforo foi feita colorimetricamente usando-se o ácido ascórbico como redutor.

Análises de variancia, teste t e valores de D.M.S. foram calculados de acordo com o método descrito por Steel e Torrie (22).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Produção e Percentagem de Matéria Seca

Os dados de produção e percentagem de matéria seca da parte aérea e das raízes estão contidas nas Figuras 1 e 2. Uma grande diferença em peso da parte aérea e raízes foi observada entre os tratamentos, mas a percentagem de matéria seca permaneceu relativamente constante. A produção, tanto da parte aérea como das raízes, aumentou signficativamente em relação à testemunha a proporção que os níveis de potássio aumentavam no meio. Contudo a diferença entre o peso da matéria verde da parte aérea dos tratamentos Na_0K_3 e Na_0K_2 não foi significativo.

Nos tratamentos com sódio em ausência de potássio foi observado um aumento de produção em cerca de 75% em relação à testemunha para a parte aérea e 62% para as raízes. A proporção que os níveis de sódio aumentavam foi observado um pequeno decréscimo no peso de matéria verde da parte aérea, mas as diferenças não foram significativas (Figura 2). Com relação às raízes o nível mais alto de sódio provocou um acentuado decréscimo no peso do material fresco em relação aos níveis Na_0K_1 e Na_0K_2. Comparando-se o efeito do sódio e potássio, isoladamente, no incremento do

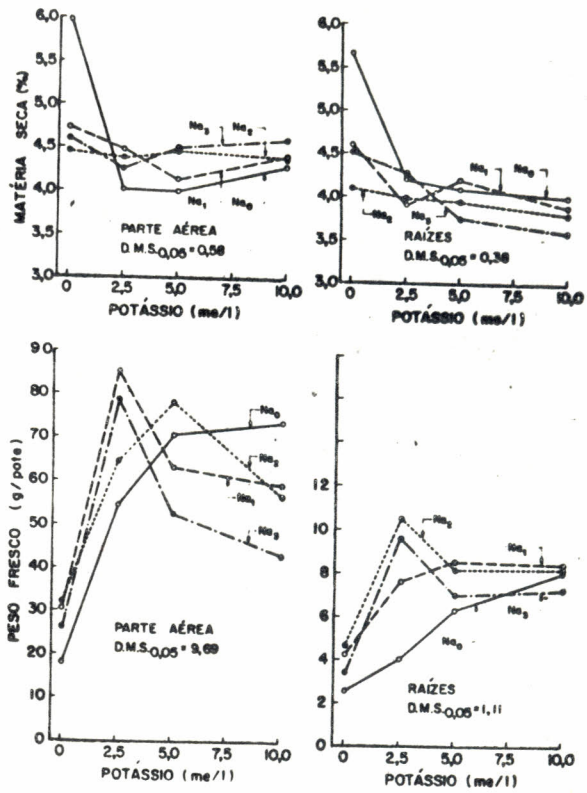

Figura 1. Matéria verde e percentagem de matéria seca da parte aérea e raízes de alface em função de diferentes níveis de potássio.

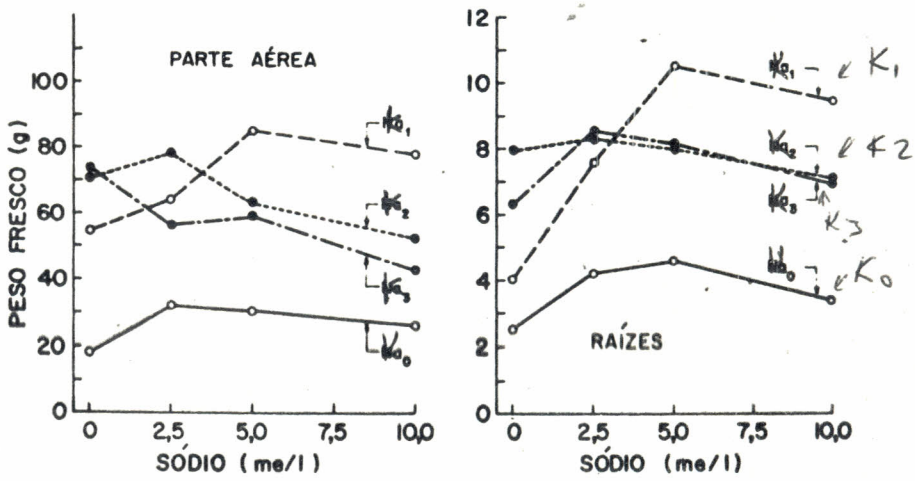

Figura 2. Matéria verde da parte aérea e raízes de alface em função de diferentes níveis de sódio.

peso de material fresco foi observado que, para a parte aérea, os aumentos devidos aos níveis Na_1, Na_2 e Na_3 de sódio corresponderam a 59, 43 e 34% respectivamente dos aumentos correspondentes aos níveis K_1, K_2 e K_3 de potássio. Para o caso das raízes, os mesmos níveis de sódio provocaram aumentos equivalentes a 105, 73 e 43% daqueles obtidos nos tratamentos com potássio.

Os dados das Figuras 1 e 2 revelam que houve uma interação entre o sódio e o potássio afetando o crescimento, positva e negativamente. Uma interação positiva do sódio e potássio sobre os resultados do peso fresco da parte aérea e das raízes foi observada sempre que o sódio, independente da concentração estava presente na solução nutritiva em combinação com o nível K_1 de potássio. Um significativo decréscimo em produção da parte aérea foi observado nos tratamentos em que o sódio estava combinado com o nível mais alto de potássio, o mesmo ocorreu com o resultado do tratamento Na_3K_2. Com relação ao peso fresco das raízes para os demais tratamentos as diferenças provocadas pela combinação dos diferentes níveis de sódio e potássio nem sempre foram significativas.

O aumento da produção de matéria verde devido ao sódio, em ausência de potássio e quando este elemento estava presente em pequena quantidade na solução nutritiva, sugere que o sódio funcionou como um substituto parcial para o potássio na nutrição da alface. Entretanto, quando o sódio estava combinado com o nível mais alto de potássio houve um efeito depressivo na produção. Nos tratamentos em que o sódio se encontrava combinado com o nível K_2 de potássio que corresponde a concentração deste nutriente na solução nutritiva de Hoagland (8), ocorreu um decréscimo na produção de matéria verde da parte aérea quando comparado com a produção obtida no tratamento Na_0K_2, se bem que, as diferenças não foram significativas com exceção do tratamento em que o sódio se encontrava no nível mais alto (10 m/l).

A percentagem de matéria seca da parte aérea e das raízes foi mais alta no controle do que nos tratamentos com sódio e potássio, mas não houve diferença significativa quando potássio e/ou sódio estavam presentes no substrato em qualquer concentração. Idêntica resposta foi obtida por Leonard e Bear (14). Dundas (6) Lunt e Nelson (15) acharam que plantas cultivadas em um substrato alto em sódio e potássio eram mais suculentas do que plantas cultivadas em meio baixo em potássio, entretanto Kramer (12) informa que o aumento em turgidez deve ser devido ao cloro no subs-

trato. Neste experimento a quantidade de potássio e sódio, isoladamente e em combinação, não afetou a turgidez das plantas, o aumento em turgidez foi atribuído à presença de cloro na solução nutritiva.

2. Composição Química

Diversos pesquisadores têm observado diferentes resultados com relação à influência do sódio sobre o teor de cations nas plantas (13, 15, 17, 20).

Os teores de Ca e Mg, da parte aérea e das raízes estão contidos na Figura 3. O teor de cálcio contido na parte aérea, foi, de acordo com os dados obtidos, influenciado de maneira nítida pelo sódio, presente no substrato nutritivo isoladamente ou em combinação com o potássio, assim em todos os tratamentos em que o sódio estava presente houve um decréscimo significativo no teor de cálcio, embora no tratamento Na_1K_0, a diferença não tenha sido significativa. O potássio no nível K_3 isoladamente, provocou também uma diminuição no teor de cálcio da parte aérea. Nas raízes, com algumas exceções, a acumulação de cálcio não foi afetada de maneira significativa pelos diversos tratamentos, apesar das variações observadas entre os resultados obtidos. O teor de magnésio na parte aérea diminuiu significativamente a níveis mais baixos do que o observado na testemunha, exceto no tratamento Na_1K_0. Os resultados obtidos nos três níveis de potássio em ausência de sódio foram estatisticamente iguais. O sódio isoladamente estimulou a assimilção e acumulação de magnésio, contudo nos tratamentos onde este elemento e o potássio estavam presentes, o sódio não exerceu nenhum efeito nestes processos. Harmer e Benne (7) encontraram a mesma resposta para beterraba e cevada. Com alguma exceção, o magnésio contido nas raízes seguiu uma idêntica sequência daquele observado na parte aérea.

A Figura 4 mostra os dados relativos a concentração de sódio e potássio na parte aérea e raízes. A quantidade de potássio na parte aérea decresceu à proporção [illegible] ve um aumento de potassio na parte aérea quando a concentração deste elemento na solução nutritiva aumentou do nível K_1 para o K_2, entretanto nenhuma diferença foi observada entre os níveis K_2 e K_3 em combinação com sódio, exceto no nível Na_3. Nas raízes, com alguma exceção os diferentes tratamentos praticamente não influenciaram a acumulação de potássio.

As plantas acumularam grande quantidade de sódio quando somente este ele-

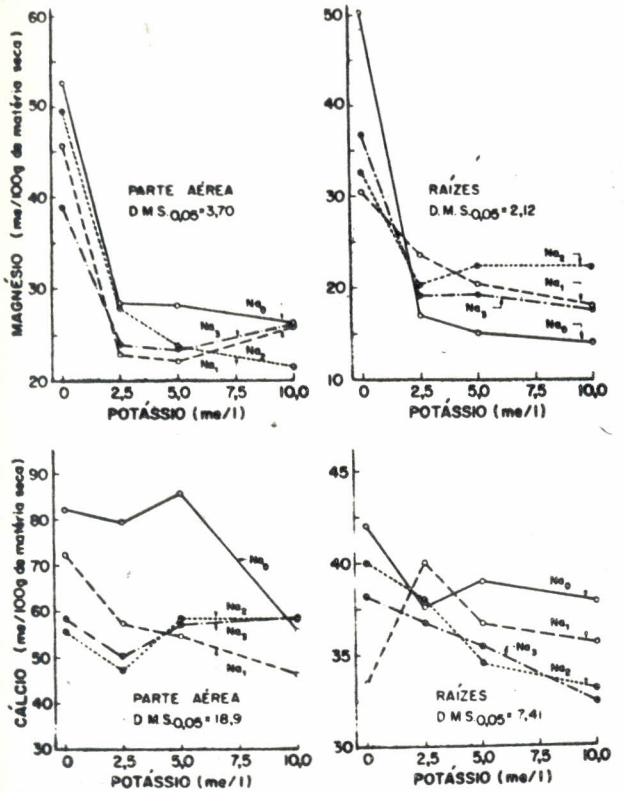

Figura 3. Cálcio e Magnésio na parte aérea e raízes de alface em função de diferentes níveis de potássio.

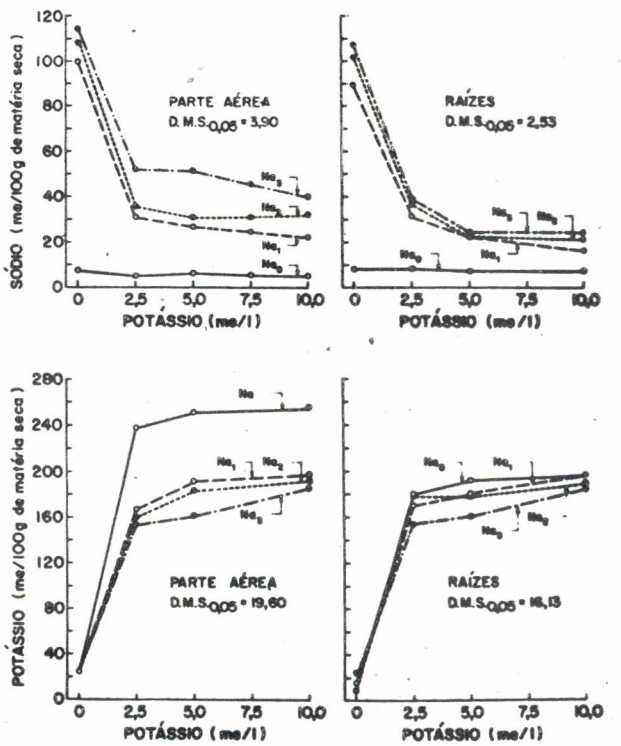

Figura 4. Sódio e Potássio na parte aérea e raízes de alface em função de diferentes níveis de potássio.

mento constituiu os tratamentos, mas quando o potássio em diferentes níveis, foi adicionado ao meio, houve um significativo decréscimo em sódio nas plantas. Nas condições deste experimento, alface teve um papel seletivo com relação à absorção do sódio e potássio. Na ausência de potássio, a quantidade de sódio absorvida por unidade de matéria seca foi muito mais baixa do que o total de potássio absorvido em ausência de sódio. Resultados similares têm sido observados em outras plantas por Montasir, Sharoubeem e Sidrak (18). A quantidade de sódio presente nas plantas cultivadas em ausência deste elemento deve ser devida ao fato de que as sementes germinaram em vermiculita e também ao sódio contido na água desmineralizada utilizada no preparao das soluções.

Os teores de fósforo total, nitrogênio total, nitrogênio nítrico e nitrogênio orgânico mais amoniacal constam no Quadro 1. A percentagem de fósforo total na matéria seca tanto nas raízes como parte aérea não foi influenciada significativamente pelos diferentes tratamentos, entretanto a quantidade de fósforo encontrado nas raízes foi aproximadamente duas vezes a encontrada na parte aérea. Quando o potássio foi omitido dos tratamentos, a percentagem de nitrogênio total de toda a planta foi significativamente mais baixa do que nos tratamentos com sódio e potássio. Nenhuma diferença de nitrogênio total foi observado nas raízes e partes aérea quando ambos, potássio e sódio, estavam presentes no meio.

Como previamente estabelecida, o nitrogênio foi usado na forma de nitrato e o principal objetivo foi avaliar os efeitos do sódio e do potássio, isoladamente e em várias combinações, sobre o crescimento e metabolismo do nitrogênio na alface. As plantas mantidas em ausência de potássio, a quantidade de nitrogênio nítrico, tanto nas raízes como na parte aérea, foi muito menor do que quando o potássio estava presente no meio nutritivo. No nível K_3 em presença de sódio, o teor de nitrato na parte aérea foi significativamente mais baixo comparado com os níveis K_2 e K_1 combinado com os diversos níveis de sódio. O sódio isoladamente provocou um aumento no nível de nitrato em relação ao controle, entretanto o efeito do sódio foi menor do que o observado com relação ao potássio. Estes dados estão de acordo com observações feitas por Shear Crane e Myers (21), segundo as quais, quando a fonte de nitrogênio para as plantas está na forma nítrica, ocorre uma acumulação de nitrato nas folhas que será utilizado no crescimento e outras atividades, a acumulação será evitada quando as condições não são favoráveis para uti-

Tabela 1. Fósforo total, nitrogênio total, nitrogênio nítrico e nitrogênio orgânico mais amoniacal na parte aérea e raízes em função de diferentes níveis de sódio e potássio.

Trat.	% em relação a matéria seca							
	Parte aérea				Raízes			
	P	N	$N-NO_3$	$N-Org+NH_4$	P	N	$N-NO_3$	$N-Org.+NH_4$
Na_0K_0	0,70	2,98	0,67	2,31	1,46	3,36	0,22	3,15
Na_0K_1	0,64	3,33	1,73	1,60	1,32	3,84	1,09	2,75
Na_0K_2	0,69	3,50	1,76	1,75	1,25	3,89	1,28	2,62
Na_0K_3	0,68	3,52	1,68	1,84	1,34	3,86	1,15	2,71
Na_1K_0	0,70	3,18	0,95	2,23	1,40	3,44	0,40	3,04
Na_1K_1	0,74	3,54	1,75	1,79	1,37	3,73	1,43	2,30
Na_1K_2	0,72	3,58	1,75	1,83	1,57	3,58	1,15	2,43
Na_1K_3	0,67	3,61	1,51	2,10	1,26	3,60	1,14	2,46
Na_2K_0	0,68	3,29	0,95	2,34	1,40	3,60	0,48	3,21
Na_2K_1	0,64	3,65	1,67	1,97	1,42	3,96	1,34	2,82
Na_2K_2	0,70	3,68	1,61	2,07	1,36	3,72	1,09	2,63
Na_2K_3	0,67	3,54	1,45	2,09	1,19	3,79	1,22	2,57
Na_3K_0	0,70	3,21	0,96	2,24	1,54	3,56	0,45	3,11
Na_3K_1	0,70	3,64	1,62	2,02	1,69	3,66	1,10	2,56
Na_3K_2	0,72	3,59	1,59	2,00	1,36	3,73	1,08	2,65
Na_3K_3	0,72	3,67	1,46	2,22	1,11	3,81	1,07	2,75
D.M.S. 0.05	0,08	0,18	0,11	0,16	0,29	0,25	0,21	0,37

lização desse nitrato. Nas raízes o teor de nitrato não foi influenciado pelos tratamentos em que o sódio e o potássio estavam presentes.

O nitrogênio total e na forma nítrica foram determinados e o nitrogênio orgânico mais amoniacal foram obtidos por diferença. O mais alto valor para o nitrogênio orgânico mais amoniacal na parte aérea e raízes foram observados na testemunha e nos tratamentos onde somente sódio estava presente na solução nutritiva. A percentagem encontrada na parte aérea foi mais baixa do que nas raízes, isto sugere que a redução do nitrato em alface ocorre nas raízes, sendo influenciado pela ausência de potássio. Diferentes quantidades de sódio e potássio em combinação não afetaram a acumulação do nitrogênio orgânico mais amoniacal.

DISCUSSÃO GERAL

O efeito do sódio e do potássio sobre a produção e composição química da alface variou com a concentração destes dois elementos no substrato. O sódio incrementou a produção não somente em ausência do potássio mas também quando o potássio estava presente na solução nutritiva em baixa concentração. Entretanto, o aumento em produção devido ao sódio isoladamente, foi significativamente mais baixo do que o aumento observado em relação ao potássio. No nível K_1 as plantas utilizaram sódio para seu crescimento, e, neste caso, o sódio funcionou como um substituto parcial para o potássio. Quando as plantas foram cultivadas no nível K_2, a presença do sódio na concentração mais baixa não afetou o crescimento, porém, quando se adicionou mais sódio o desenvolvimento das plantas foi negativamente afetado. A concentração mais alta de potássio combinado com os dois últimos níveis de sódio provocou um acentuado decréscimo na produção. Nos tratamentos em que somente sódio, independentemente da concentração, constituiu os tratamentos não houve diferença nos resultados de material fresco da parte aérea.

A percentagem de matéria seca da parte aérea e das raízes não foi afetada pelo sódio e potássio. O aumento em turgidez das plantas tratadas com sódio e potássio foi atribuído ao ion cloro, presente na solução nutritiva.

A absorção do sódio e potássio foi afetada pela concentração de ambos na

solução nutritiva. O potássio provocou um maior decréscimo na absorção e acumulação do sódio pela parte aérea e raízes, do que o sódio com relação ao potássio. O sódio e o nível K_3 de potássio, acarretaram uma diminuição na acumulação de cálcio pela parte aérea. Em ausência de potássio houve um aumento na absorção de magnésio. A percentagem de nitrogênio total, em ambas as partes das plantas, foi mais baixa em ausência de potássio do que quando este nutriente estava presente no meio, entretanto, as diferenças nem sempre foram significativas. A percentagem de nitrogênio nítrico na parte aérea foi mais baixa quando potássio foi omitido dos tratamentos.

Dos resultados obtidos neste trabalho, é possível concluir que alface é uma planta relativamente tolerante a sódio, e que este elemento substitui parcialmente o potássio na nutrição da alface, cultivar "vanguard".

BIBLIOGRAFIA

1. BERNSTEIN, LEON and G.A. PEARSON. 1956. Influence of exchangeable sodium on yield and chemical composition of plantas: I. Green beans, garden beets, clover, and alfalfa. Soil Sci. 82:247-248.

2. BOWER, C.A. and C.H. WADLEIGH. 1948. Growth and cationic accumulation by four species of plants as influenced by various levels of exchangeable sodium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 13:218-223.

3. Collander, Runar 1941. Selective absorption of cations by higher plantas. Plant Phys. 16:691-720.

4. COOPER, H.P., W.R. PADEN, and M.M. PHILLIPPE. 1953. Effects of application of sodium in fertilizer on yield and composition of the cotton plant. Soil Sci. 76:19-28.

5. COPE Jr., J.T., R. BRADFIELD, and M. PEECH. 1953. Effect of sodium fertilization on yield and cation content of some field crops. Soil Sci. 76:65-74.

6. DUNDAS, JAMES. 1965. Sodium and crop water relations. World Crops 3:46-47.

7. HARMER, P.M. and E.J. BENNE. 1945. Sodium as a crop nutrient. Soil Sci. 60: 137-148.

8. HOAGLAND, D.R. and D.I. ARNON. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Expt. Sta. Circ. 347.

9. HOLT, M.E. and N.J. VOLT. 1945. Sodium as a plant nutrient and substitute for potassium. Agron. J. 37:821-827.

10. HUFFAKER, R.C. and A. WALLACE. 1959. Effect of potassium and sodium levels on sodium distribution in some plant species. Soil Sci. 88:80-82.

11. JOHNSON, C.M. and A. ULTRICH. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. Calif. Agr. Expt. Sta. Bull. 766:26-78.

12. KRAMER, P.J. 1967. Plant and Soil Water relationships. McGraw-Hill Book Company, pg 175-213.

13. LARSON, W.E. and W.H. PIERRE. 1953. Interaction of sodium and potassium on yield and cation composition of selected crops. Soil Sci. 76:51-64.

14. LEONARD, C.D. and F.E. BEAR. 1950. Sodium as a fertilizer for New Jersey soils. N. J. Agr. Expt. Sta. Bull. 752.

15. LUNT, O.R. and W.L. NELSON. 1950. Studies on the value of sodium in the mineral nutrition of cotton. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 15:195-200.

16. MARSHALL, J.G. and M.B. STURGIS. 1953. Effects of sodium fertilizers on yield of cotton. Soil Sci. 76:75-79.

17. McLEAN, E.O. 1956. Uptake of sodium and other cations by five crop species. Soil Sci. 82:21-28.

18. MONTASSIR, A.H., H.H. SHAROUBEEM, and G.H. SIDRAK, 1966. Partial substitution of sodium for potassium in water cultures. Plant and Soil. 25:181-194.

19. PEARSON, G.A. 1967. Absorption and translocation of sodium in beans and cotton. Plant Phys. 42:1171-1175.

20. PEARSON, G.A. and LEON BERNSTEIN. 1958. Influence of exchangeable soidum on yield and chemical composition of plants II. Wheat, barley, oats, tall fescue, and wheatgrass. Soil Sci. 86:254-261.

21. SHEAR, C.B., H.L. CRAN and A.T. MYERS. 1958. Exploratory pot experiment balance: A fundamental concept in plant nutrition. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 47:239-248.

22. STEEL, G.D. and J.H. TORRIE. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Company. 482 pg.

23. TRUOG, E., K.C. BERGER, and O.J. ATTOE. 1953. Response of nine economic plants to fertilization with sodium. Soil Sci. 76:41-50.

24. WALLACE, A., N. HEMAIDAN, and S.M. SUFI. 1965. Sodium translocation in bush beans. Soil Sci. 100:331-334.

25. WYBENGA, J.M. and J.J. LEHR. 1958. Exploratory pot experiment on sensitiviness of different crops to sodium. Plant and Soil. 9:385-394.