

NITROGÊNIO E POTÁSSIO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE PITAIA [*Hylocereus undatus* (Haw.) BRITTON & ROSE]¹

EDMILSON IGOR BERNARDO ALMEIDA², MÁRCIO CLEBER DE MEDEIROS CORRÊA³,
LINDBERGUE ARAUJO CRISOSTOMO⁴, NEIMAR ARCANJO DE ARAÚJO⁵,
JÚLIO CÉSAR DO VALE SILVA⁶

RESUMO – A pitaya ainda é uma cultura carente de estudos e informações que subsidiem a definição/adaptação de sistemas de produção mais adequados às condições edafoclimáticas brasileiras, embora nos últimos anos tenha havido aumento de sua expansão agrícola, tanto no Brasil quanto em outros países. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adubação mineral sobre o crescimento de mudas de pitaya e, dessa maneira, obter informações direcionadas para a definição de manejos de fertilização adequados à exploração agrícola da cultura. Para isto, foram testadas cinco doses de nitrogênio (N) (0; 150; 300; 450 e 600 mg dm⁻³) e potássio (K) (0; 75; 150; 225 e 300 mg dm⁻³), sendo os níveis de cada nutriente arranjados em esquema fatorial 5x5, com quatro blocos. Para a interação significativa a ($p < 0,05$), procedeu-se ao ajuste em superfícies de resposta do tipo $Y = \beta_0 + \beta_1(A) + \beta_2(A)^2 + \beta_3(B) + \beta_4(B)^2 + \beta_5(A).(B) + e$. As estimativas das correlações fenotípicas foram obtidas considerando apenas o intervalo das doses de N e K, que promoveram as melhores respostas do acesso de pitaya para os caracteres estudados. Ao término do presente estudo, foi constatado que a aplicação de doses crescentes de N e K, e a interação NxP afetam os teores de ambos os nutrientes no solo, o sistema radicular e a parte aérea, influenciando, desse modo, sobre o crescimento inicial das plantas de pitaya. Os rendimentos mais satisfatórios ocorrem quando há 0,7 mmol dm⁻³ de K no solo, e 20 – 25 g kg⁻¹ de N com 30 – 40 g kg⁻¹ de K na parte aérea. Esses valores foram obtidos para a aplicação de 300 – 450 mg dm⁻³ de N com 150 – 225 mg dm⁻³ de K. O somatório do comprimento dos cladódios (SCC) e a massa seca do sistema radicular (MSSR) são as variáveis explicativas que apresentam maiores efeitos diretos sobre a massa seca dos cladódios (MSC).

Termos para indexação: adubação, Cactaceae, frutífera exótica, *Hylocereus undatus*.

EFFECT OF COMBINATIONS OF NITROGEN AND POTASSIUM ON THE GROWTH OF DRAGON FRUIT (*Hylocereus undatus*)

ABSTRACT - Pitaya is still a culture lacking of research and information that support the definition/adaptation of production systems adapted to Brazilian soils and climate, although in recent years there has been an increase in its agricultural expansion, as in Brazil as in other countries. Thus, the aim of this study was to evaluate the effect of mineral fertilization on the early growth of pitaya and then to obtain directed information to the definition of adequate fertilization managements of the culture. For this purpose, we tested five doses of nitrogen (N) (0, 150, 300, 450 and 600 mg dm⁻³) and potassium (K) (0, 75, 150, 225 and 300 mg dm⁻³), and the levels of each nutrient, arranged in a 5x5 factorial design with four blocks. For a significant interaction ($p < 0.05$) it was proceeded an adjustment in response surfaces of type $Y = \beta_0 + \beta_1(A) + \beta_2(A)^2 + \beta_3(B) + \beta_4(B)^2 + \beta_5(A).(B) + e$. Estimates of phenotypic correlations were obtained considering only the range of N and K that promoted the best answers to the access pitaya traits. At the end of this study it was found that the application of increasing doses of N and K, and the interaction NxP affected the levels of both nutrients in the soil, roots and shoots, thus influencing the early growth of the pitaya plants. The most satisfactory yields occur when there is 0.7 mmol dm⁻³ of K in the soil, and 20 – 25 g kg⁻¹ of N with 30 – 40 g kg⁻¹ of K in the shoot. These values were obtained for the application 300 – 450 mg dm⁻³ of N with 150 – 225 mg dm⁻³ of K. The sum of the length of cladodes (SCC) and the dry mass of the root system (DMRS) are the explanatory variables that have large direct effects on the dry weight of cladodes (DWC).

Index terms: manuring, Cactaceae, exotic fruits, *Hylocereus undatus*.

¹(Trabalho 296-13) Recebido em: 22-08-2013. Aceito para publicação: 23-04-2014.

²Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Fitotecnia, Campus do Pici, (UFC). E-mail: edmilson_i@hotmail.com

³Prof. Adjunto do Deptº de Fitotecnia á (UFC), Campus do Pici. E-mail: mcleber@ufc.br

⁴Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE. E-mail: lindberg@embrapa.br

⁵Graduando em Agronomia na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). E-mail: neimararcanjo@yahoo.com.br

⁶Prof. Adjunto do Deptº de Fitotecnia (UFC), Campus do Pici. E-mail: juliiodovale@ufc.br

INTRODUÇÃO

A pitaia (*Hylocereus undatus*) é uma cactácea epífita, perene, suculenta, que apresenta caule do tipo cladódio, de onde partem numerosas raízes adventícias que permitem o crescimento da planta em árvores e pedras situadas em ambientes sombreados de florestas tropicais da América. A pitaia está distribuída na Costa Rica, Venezuela, Panamá, Uruguai, Brasil, Colômbia e México, sendo os dois últimos países os principais produtores mundiais (DONADIO, 2009; ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012).

A produtividade média da pitaia oscila de 10 a 30 t ha⁻¹, o que ocorre em função das condições edafoclimáticas, técnicas de cultivo e idade do pomar (LE BELLEC; VAILLANT; INBERT, 2006). No Brasil, a região Sudeste é a principal produtora, com destaque à cidade de Catanduva (SP), que é uma das pioneiras no cultivo de pitaia no País e, atualmente, apresenta o maior rendimento nacional. Nessa região, a cultura aclimatou-se muito bem, e a produção abrange os meses de dezembro a maio, com produtividade média anual de 14 toneladas de frutos por hectare (BASTOS et al., 2006).

No Ceará, a produção está concentrada na Chapada do Apodi, mais precisamente nos municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré. As áreas de cultivo são recentes e estão em fase de definição quanto ao manejo agrônomo e à rentabilidade da exploração comercial. As plantas produzem frutos durante o ano inteiro, com pequeno decréscimo nos meses mais chuvosos (janeiro a abril). A safra é comercializada a preços elevados nas principais redes de supermercados de Fortaleza (CE) e/ou exportada para países europeus (NUNES et al., 2014).

Apesar de a pitaia ser uma planta rústica, que se adapta a várias condições edafoclimáticas, a cultura requer o suprimento equilibrado de nutrientes para crescer e produzir satisfatoriamente (MOREIRA et al., 2011; CORRÊA et al., 2014). As funções desempenhadas individualmente por potássio (MARENCO; LOPES, 2011) e nitrogênio (LUDERS, 2004), em seu ciclo vital, são conhecidas; no entanto, o entendimento dos fenômenos que visam a estudar a interação de ambos os nutrientes sobre os processos de absorção, transporte, redistribuição e metabolismo necessitam ser mais bem analisados cientificamente.

Dada a necessidade de estudos a serem realizados com pitaia no Brasil, principalmente no Estado do Ceará, onde o seu cultivo está se expandindo e apresenta elevado potencial, principalmente em virtude da produção de frutos durante o ano inteiro, realizou-se um experimento com o objetivo de

compreender os efeitos de combinações de doses de N e K sobre a disponibilidade desses nutrientes no solo, sistema radicular e parte aérea, assim como a influência dessas relações sobre o crescimento de mudas de pitaia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de outubro de 2011 a março de 2012, em casa de vegetação, com irradiação de 550 μmol fótons m⁻² s⁻¹, localizada no Setor de Horticultura do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza-CE (3°43'02" de latitude S e 38°32'35" de longitude WGr; altitude de 19,6 m) (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ, 2011). De acordo com a classificação de Köppen (1918), o clima é do tipo Aw¹. Trata-se de uma região pertencente ao grupo de clima tropical chuvoso, com temperatura média anual de 26,5 °C.

O plantio dos cladódios de pitaia (*Hylocereus undatus*) foi realizado em vasos com capacidade para 12 dm³, preenchidos com 10 dm³ de solo. O solo foi amostrado e encaminhado ao laboratório, onde foi analisado quanto às suas características físicas e químicas. Ele apresentou as seguintes características: classificação textural – areia franca; composição química – pH (água): 7,2; Ca, Mg, K, Na, Al³⁺, H + Al, respectivamente, 0,40; 0,30; 0,20; 0,10; 0,0 e 0,0 mmol_c dm⁻³; P, Cu, Fe, Zn e Mn, respectivamente, 18,0; 0,50; 30,16; 2,48 e 2,26 mg dm⁻³; e matéria orgânica de 1,80 g kg⁻¹.

Como materiais propagativos, utilizaram-se cladódios com três classes de comprimento: pequeno (8 - 20 cm), médio (21 - 33 cm) e grande (34 - 46 cm), havendo a distribuição de, pelo menos, dois cladódios de tamanho médio dentre as quatro repetições utilizadas para cada tratamento. A irrigação foi realizada manualmente. Para a manutenção do teor de umidade do solo, em torno de 60%, foram utilizados béqueres contendo as quantidades de água calculadas. Por sua vez, o tutoramento dos vasos foi realizado aos 95 dias, tendo em vista o acentuado crescimento das plantas, a partir desse período.

Em virtude da ausência de recomendação de adubação para a cultura da pitaia, as doses foram estimadas com base em recomendação geral para experimento em vasos, boletins técnicos da cultura do abacaxi e experimentos conduzidos com palma forrageira. Foram testadas cinco doses de N (0; 150; 300; 450 e 600 mg dm⁻³ de N) e cinco doses de K (0; 75; 150; 225 e 300 mg dm⁻³ de K), sendo que os níveis de ambos os nutrientes foram arranjos

em esquema fatorial 5x5, com quatro repetições. Os adubos utilizados como fonte de N e K foram, respectivamente, ureia (45% de N) e cloreto de potássio (60% de K₂O). Para a adubação básica (igual em todos os vasos), foram utilizados 832 mg dm⁻³ de superfosfato simples e 27,7 mg dm⁻³ de FTE BR-12. À exceção do superfosfato simples e do FTE BR-12, que foram aplicados em quantidade total, durante o preenchimento dos vasos, os demais adubos foram adicionados em cinco vezes iguais, solubilizados em água para favorecer sua incorporação ao solo.

Aos 180 dias do plantio dos cladódios (cerca de 150 dias após a aplicação dos tratamentos), fizeram-se a análise vegetativa das plantas, a coleta dos cladódios laterais e a amostragem do solo utilizado para o preenchimento dos vasos. Os caracteres vegetativos avaliados foram: somatório do comprimento dos cladódios (SCC), número de cladódios (NC), massa seca dos cladódios (MSC), comprimento do sistema radicular (CSR) e massa seca do sistema radicular (MSSR). O material foi moído, para a determinação dos teores de N e K na parte aérea. Em cada vaso, o solo foi coletado, embalado em saco plástico, identificado e encaminhado para o laboratório, onde foi submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 50°C, durante 24 horas. Em seguida, o material foi peneirado e analisado quanto ao teor de K.

Os resultados das variáveis químicas e vegetativas foram submetidos à análise de variância (teste F com nível de significância $p < 0,05$), de modo a avaliar os efeitos principais de cada uma das variáveis (A e B) e da interação (A x B). Para a interação significativa ($p < 0,05$), procedeu-se ao ajuste em superfícies de resposta do tipo $Y = \beta_0 + \beta_1(A) + \beta_2(A)^2 + \beta_3(B) + \beta_4(B)^2 + \beta_5(A).(B) + e$, em que Y foi a variável de resposta; A, dose de A (mg dm⁻³ de A); B, dose de B (mg dm⁻³ de B); β_0 , β_1 , β_2 , β_3 , β_4 e β_5 , os parâmetros do modelo e e, o erro aleatório associado a cada observação. Após este ajuste inicial, a significância de cada parâmetro foi testada a $p < 0,05$.

As estimativas das correlações vegetativas foram obtidas considerando apenas o intervalo das doses de N e K que promoveram as melhores respostas do acesso de pitáia para os caracteres estudados. Posteriormente, foi realizada a diagnose de multicolinearidade entre os caracteres explicativos, e seu grau na matriz de correlação foi estabelecido com base no número de condição. O desdobramento das correlações fenotípicas, em efeitos diretos e indiretos dos caracteres explicativos sobre a massa seca de cladódios (caráter dependente), foi feito

por meio da análise de trilha (WRIGHT, 1921). As análises estatísticas e de trilhas foram executadas por meio do aplicativo computacional em Genética e Estatística, GENES.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação nitrogênio-potássio foi significativa ($p < 0,01$) para o teor de K no solo, teores de N e K na parte aérea e para as variáveis vegetativas analisadas. Em razão disso, as médias das respectivas variáveis foram analisadas através de superfícies de resposta com modelo matemático do tipo $Y = \beta_0 + \beta_1(N) + \beta_2(N)^2 + \beta_3(K) + \beta_4(K)^2 + \beta_5(N).(K) + e$.

O teor de K no solo oscilou de 0,13 a 2,89 mmol_c dm⁻³. Os maiores valores ($> 1,40$ mmol_c dm⁻³) foram resultantes da aplicação de 0 – 150 mg dm⁻³ de N com 225 – 300 mg dm⁻³ de K. Esses resultados demonstraram que a aplicação de doses elevadas de N (300 – 600 mg dm⁻³ de N) reduziu a disponibilidade de K no solo (Figura 1A). Possivelmente, a utilização dessas doses de N estimulou o incremento vegetativo da planta (SILVA et al., 2012; BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000) e, conseqüentemente, houve aumento na demanda da planta por K, exaurindo a disponibilidade de K na solução do solo.

O teor de K na parte aérea variou de 12,87 a 46,00 g kg⁻¹. As maiores médias ($> 30,00$ g kg⁻¹) foram encontradas com a aplicação de 150 – 300 mg dm⁻³ de N com 225 – 300 mg dm⁻³ de K (Figura 1B). Estas combinações que resultaram nos maiores teores de K na parte aérea, simultaneamente, possibilitaram maior disponibilidade de K no solo (0,70 – 1,40 g kg⁻¹) (Figura 1A). Esses resultados corroboraram os estudos da interação nitrogênio-potássio realizados por Rodrigues et al. (2010) e Lacoëuilhe e Gicquiaux (1971). De acordo com esses autores, a interação é bastante influenciada pela disponibilidade de K no solo. Em solos com teores de K considerados altos, o N estimula o crescimento vegetativo, aumentando-se o teor de K na parte aérea e a utilização das reservas desse nutriente na solução do solo.

O teor de N na parte aérea oscilou de 3,36 a 30,40 g kg⁻¹. Os maiores valores ($> 25,00$ g kg⁻¹) foram resultantes da adição de 450 – 600 mg dm⁻³ de N com 0 – 75 mg dm⁻³ de K (Figura 1D). Observou-se, portanto, que o aumento no acúmulo de N na parte aérea foi induzido pela aplicação de doses crescentes de N. A combinação entre a maior dose N e a supressão da aplicação de K resultou num incremento de 27,04 g kg⁻¹ de N na parte aérea, comparativamente à média da testemunha. Embora tenha ocorrido significativo incremento,

possivelmente, houve menor eficiência de uso do N, induzida pela deficiência de K. Conforme Sarmiento et al. (2008), quando o suprimento de N é realizado em condições de baixa disponibilidade de K, há um favorecimento para o acúmulo de compostos de N solúvel e, conseqüentemente, ocorre baixa eficiência de uso do N pela planta.

O SCC variou de 9,00 a 188,75 cm. As maiores médias (>150,00 cm) foram oriundas da adição de 300 - 600 mg dm⁻³ de N com 75 - 300 mg dm⁻³ de K (Figura 2A). Esses resultados coincidiram com o aumento da disponibilidade de N e K no solo (0,70 - 1,40 mmol dm⁻³) (Figura 1A), elevado acúmulo de N na parte aérea (20,00 - 25,00 g kg⁻¹ de N) (Figura 1C) e teor intermediário a elevado de K na parte aérea (30,00 - 40,00 g kg⁻¹ de K) (Figura 1B), corroborando a hipótese de que a aplicação de doses satisfatórias de K aumenta a eficiência de uso do N pela planta (LACOEUILHE; GICQUIAUX, 1971).

O NC variou de 2,00 a 11,00 unidades. Os maiores valores (>8,00 unidades) foram encontrados com a adição de 300 - 450 mg dm⁻³ de N com 75 - 225 mg dm⁻³ de K (Figura 2B). Constatou-se, portanto, que as maiores médias de NC foram verificadas quando as doses de N e K aplicadas ao solo permitiram o aumento da disponibilidade de ambos os nutrientes na solução do solo (0,70 - 1,40 mmol dm⁻³ de K) (Figura 1A), bem como médio a elevado acúmulo de N (20 - 25 g kg⁻¹ de N) e K (30 - 40 g kg⁻¹ de K) na parte aérea (Figuras 1A e 1B).

A massa seca dos cladódios variou de 5,00 - 43,75 g. Os menores valores (<20,00 g) foram evidenciados para a aplicação de 0 - 150 mg dm⁻³ de N com 0 - 300 mg dm⁻³ de K, enquanto os maiores resultados (>30,00 g) foram obtidos com a utilização de 300 - 600 mg dm⁻³ de N e 75 - 300 mg dm⁻³ de K (Figura 2D). Esses resultados deixaram claro que o N exerce efeito limitante sobre o aumento de MSC e das demais variáveis vegetativas estudadas, enquanto o K teve efeito mais evidenciado para o aumento da eficiência de uso de N pela planta. Houve incremento de até oito vezes na MSC, exprimindo a importância da aplicação racional de N e K sobre o crescimento inicial de pitaita. Este aumento do NC foi quantitativamente semelhante àqueles obtidos por Dubeux Júnior et al. (2010) para os artigos de mudas de palma forrageira.

Observou-se que a MSC variou de 5,00 a 43,75 g, enquanto a MFC oscilou de 23,75 a 356,25 g (Figuras 2C e 2D). Relacionando-se ambos os resultados, estimou-se que torno de 79,00 - 88,00% do tecido vegetal estava constituído por água, corroborando o teor relativo de umidade recomendado por Goldstein et al. (1991) para cactos

suculentos.

O comprimento do sistema radicular variou de 35,00 a 82,50 cm. Os menores valores (<50,00 cm) foram constatados com a utilização de 450 - 600 mg dm⁻³ de N e 150 - 300 mg dm⁻³ de K (Figura 2E). Logo, observou-se que a utilização de elevadas doses de N e K ocasionaram redução do crescimento vertical do sistema radicular, concomitantemente ao estímulo do incremento de parte aérea, o que se enquadra com os estudos de Silva (2012). Conforme esse autor, o excesso de N no solo pode proporcionar o aumento da relação parte aérea/raiz, reduzindo o crescimento longitudinal do sistema radicular e, conseqüentemente, diminuindo a capacidade de resistência das plantas a períodos secos.

A massa seca do sistema radicular oscilou de 9,50 a 17,50 g. Os menores resultados (<12,00 g) foram alcançados para a aplicação de 450 - 600 mg dm⁻³ de N com 0 - 75 mg dm⁻³ de K; ou 0 - 600 mg dm⁻³ de N com 300 mg dm⁻³ de K (Figura 2F). Por sua vez, os maiores valores (>13,00 g) foram obtidos para a adição de 0 - 450 mg dm⁻³ de N com 75 - 225 mg dm⁻³ de K (Figura 2F). Os resultados apresentaram que a deficiência de N e K no solo culminou em aumento da massa seca do sistema radicular. Certamente, o uso de elevadas doses de N e K estimulou o crescimento vegetativo, interferindo negativamente sobre o incremento do sistema radicular.

Para Cabral et al. (2011), o estudo de correlações é uma medida de associação e não permite concluir sobre o estudo da relação de causa e efeito. Silva et al. (2005) acrescentam que a análise de trilha proporciona o detalhamento dos efeitos diretos e indiretos das influências dos caracteres envolvidos, complementando, assim, as informações dadas pela correlação. Com o intuito de se conhecer os efeitos diretos e indiretos dos caracteres sobre a variável básica, massa seca dos cladódios, procedeu-se à análise de trilha.

Para reduzir os efeitos de multicolinearidade e, desse modo, a atenuação de conclusões imprecisas, a análise de trilha foi construída, apenas com as combinações de doses de N e K, que apresentaram os resultados mais satisfatórios, em termos de disponibilidade dos elementos no solo e no tecido vegetal, e de incremento das variáveis vegetativas avaliadas. De acordo com Coimbra et al. (2005), entre os efeitos peculiares de uma elevada multicolinearidade, podem ser citados: estimativa inconsistente do coeficiente de regressão e também uma superestimativa dos efeitos diretos das variáveis explicativas sobre a variável resposta, o que pode levar à interpretação equivocada.

Em resumo, as doses de N e K utilizadas para a execução da análise de trilha foram as seguintes: 300 – 450 mg dm⁻³ de N com 150 – 225 mg dm⁻³ de K, as quais resultaram em quatro combinações nitrogênio-potássio (Figuras 1 e 2). As variáveis, teor de K no solo e MFC, também foram excluídas da análise de trilha devido à mesma justificativa estatística (reduzir os efeitos de multicolinearidade). A interação nitrogênio-potássio foi significativa a ($p < 0,05$), pelo teste F, para os teores de N e K na parte aérea, NC, MSC e CSSR. O SCC foi influenciado pela aplicação de doses de N e K, individualmente, enquanto a MSSR não sofreu efeito da adição de ambos os nutrientes (Tabela 1).

O coeficiente de determinação obtido no presente estudo foi de 98,50%, enquanto o efeito residual foi de 12,10%. Os valores dos coeficientes de variação oscilaram de 6,30 – 25,20 %, o que indica boa precisão experimental. A variável básica, MSC, foi correlacionada positivamente aos teores de N e K na parte aérea, SCC, NC e MSSR. Não obstante, o CSSR correlacionou-se negativamente à MSC, indicando que o aumento vertical do sistema radicular ocasionou redução na relação parte aérea-raiz. Esses resultados corroboraram aqueles apresentados nas superfícies de resposta expostas nas Figuras 1 e 2. O SCC e a MSSR foram as variáveis explicativas que apresentaram maiores efeitos positivos e diretos sobre a MSC.

Observou-se que o teor de K na parte aérea foi correlacionado em 58,20% à variável básica, dos quais, 21,90% foram efeitos indiretos via SCC. O teor de N na parte aérea foi correlacionado em 18,40% à MSC, dos quais 17,40% foram resultantes de efeito direto dessa variável explicativa sobre a variável básica MSC. O SCC correlacionou-se em 97,10% à MSC, onde apenas 28,70% da correlação ocorreram devido a efeitos diretos. O NC correlacionou-se em 55,80% à MSC, sendo que a maior parte dos efeitos de associação (21,30%) foram efeitos indiretos via SCC.

O CSSR correlacionou-se negativamente, em 97,20%, à variável básica, e os efeitos indiretos e negativos via SCC foram os mais expressivos (28,70%) (Tabela 1). Segundo Kurek et al. (2001), uma correlação negativa indica que o aumento de uma variável corresponde à diminuição da outra. Esses autores acrescentam, ainda, que este fato pode ser atribuído à competição intrínseca da planta por fotoassimilados e aos fatores ambientais.

Embora o CSSR tenha exprimido efeito negativo sobre a MSC, a MSSR apresentou correlação positiva de 95,20% à variável básica. A maior parte destes efeitos foram diretos e estimados

em 32,30% (Tabela 1). Possivelmente, isso ocorreu devido ao maior crescimento lateral das raízes, estimulado pela boa disponibilidade de nutrientes na camada menos profunda do solo. Por sua vez, houve redução do comprimento vertical do sistema radicular e aumento da relação parte aérea-raiz. Portanto, a aplicação de doses crescentes de N e K resultou em efeitos contrários na relação parte aérea-raiz, culminando em efeito negativo do CSSR sobre a variável básica.

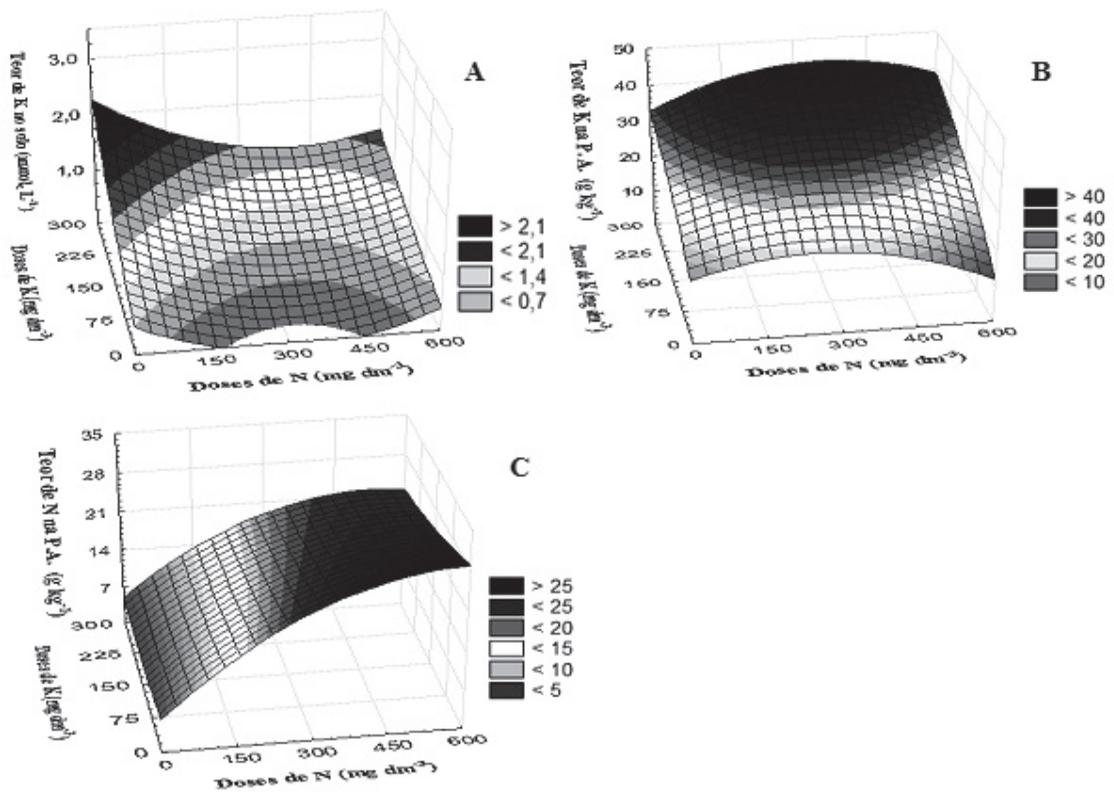


FIGURA 1 – Influência de doses de N e K sobre o teor de ambos os nutrientes em plantas de pitaia com 180 dias de idade. **1A:** teor de K no solo [$\hat{Y} = 0,4939 - 0,0040(N) + 0,000006375(N)^2 + 0,0046(K) + 0,0000042159(K)^2 - 0,000004471(N)(K)$; $R^2 = 0,6270^*$]; **1B:** teor de K na parte aérea [$\hat{Y} = 17,6935 + 0,0422(N) - 0,000086406(N)^2 + 0,0865(K) - 0,0001(K)^2 + 0,000064676(N)(K)$; $R^2 = 0,6899^*$]; **1C:** teor de N na parte aérea [$\hat{Y} = 6,0133 + 0,0750(N) - 0,000060965(N)^2 - 0,0140(K) - 0,000035225(K)^2 - 0,000035413(N)(K)$; $R^2 = 0,8500^*$]. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE, 2013.

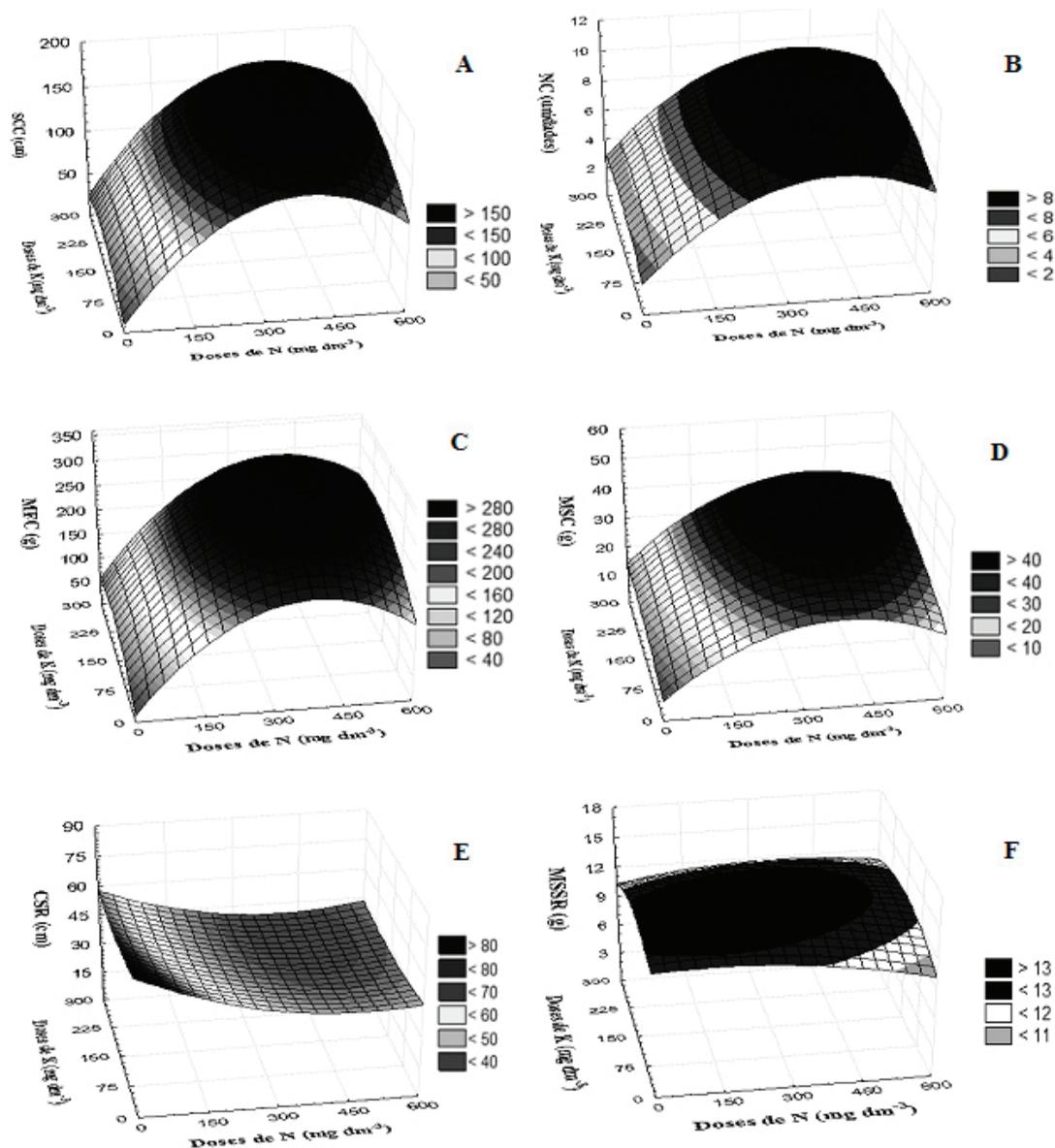


FIGURA 2 - Influência de doses de N e K sobre as características vegetativas de plantas de pitaya com 180 dias de idade. **2A**: somatório do comprimento dos cladódios [$\hat{Y} = 9,9086 + 0,6696(N) - 0,0009(N)^2 + 0,3082(K) - 0,0009(K)^2 + 0,0001(N)(K)$; $R^2 = 0,4612^*$]; **2B**: número de cladódios [$\hat{Y} = 2,0914 + 0,0307(N) - 0,000038254(N)^2 + 0,0119(K) - 0,000031746(K)^2 + 0,0000037778(N)(K)$; $R^2 = 0,5150^*$]; **2C**: massa fresca dos cladódios [$\hat{Y} = 15,4071 + 1,0659(N) - 0,0014(N)^2 + 0,66(K) - 0,0018(K)^2 + 0,0002(N)(K)$; $R^2 = 0,4661^*$]; **2D**: massa seca dos cladódios [$\hat{Y} = 6,6929 + 0,1204(N) - 0,0002(N)^2 + 0,058(K) - 0,0001(K)^2 + 0,00003889(N)(K)$; $R^2 = 0,4296^*$]; **2E**: comprimento do sistema radicular [$\hat{Y} = 69,7543 + 0,1019(N) + 0,0001(N)^2 - 0,0775(K) + 0,0001(K)^2 + 0,000048444(N)(K)$; $R^2 = 0,5546^*$]; **2F**: massa seca do sistema radicular [$\hat{Y} = 12,4629 + 0,0029(N) - 0,000011429(N)^2 + 0,0178(K) - 0,00008381(K)^2 + 0,000017333(N)(K)$; $R^2 = 0,0421^*$]. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE, 2013.

TABELA 1 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos, que envolvem a variável principal massa seca de cladódios (MSC) e as variáveis independentes explicativas, teor de potássio (KPA) e nitrogênio na parte aérea (NPA), somatório do comprimento (SCC) e número de cladódios (NC), comprimento (CSSR) e massa seca de raiz (MSSR) mensurada num acesso de pitaita (*Hylocereus undatus*) avaliado quanto a doses crescentes de nitrogênio e potássio Fortaleza-CE, Brasil, 2013.

Caractere	Efeitos de Associação	Estimativa
Potássio na parte aérea (KPA)	Direto sobre MSC	0,095
	Indireto via NPA	-0,121
	Indireto via SCC	0,219
	Indireto via NC	0,078
	Indireto via CSSR	0,208
	Indireto via MSSR	0,099
	Total	0,582
Nitrogênio na parte aérea (NPA)	Direto sobre MSC	0,175
	Indireto via KPA	-0,066
	Indireto via SCC	-0,017
	Indireto via NC	-0,056
	Indireto via CSSR	-0,014
	Indireto via MSSR	0,153
Total	0,184	
Somatório do comprimento de cladódios (SCC)	Direto sobre MSC	0,287
	Indireto via KPA	0,072
	Indireto via NPA	-0,010
	Indireto via NC	0,058
	Indireto via CSSR	0,275
	Indireto via MSSR	0,275
Total	0,971	
Número de cladódios (NC)	Direto sobre MSC	0,078
	Indireto via KPA	0,095
	Indireto via NPA	-0,125
	Indireto via SCC	0,213
	Indireto via CSSR	0,203
	Indireto via MSSR	0,090
Total	0,558	
Comprimento do sistema radicular (CSSR)	Direto sobre MSC	-0,275
	Indireto via KPA	-0,072
	Indireto via NPA	0,009
	Indireto via SCC	-0,287
	Indireto via NC	-0,058
	Indireto via MSSR	-0,276
Total	-0,972	
Massa seca de raiz (MSSR)	Direto sobre MSC	0,323
	Indireto via KPA	0,029
	Indireto via NPA	0,083
Massa seca de raiz (MSSR)	Indireto via SCC	0,245
	Indireto via NC	0,022
	Indireto via CSSR	0,235
	Total	0,952
Coefficiente de determinação		0,985
Valor de <i>k</i> usado na análise		0,045
Efeito da variável residual		0,121

CONCLUSÕES

A aplicação de N e K, e a interação nitrogênio-potássio afetam a disponibilidade de ambos os nutrientes no solo e na parte aérea, influenciando, assim, o crescimento de mudas de pitáia.

Os rendimentos mais satisfatórios ocorrem quando há 0,7 mmol dm⁻³ de K no solo, e 20–25 g kg⁻¹ de N com 30–40 g kg⁻¹ de K na parte aérea, resultados esses que foram obtidos com a aplicação de 300–450 mg dm⁻³ de N com 150–225 mg dm⁻³ de K.

O somatório do comprimento dos cladódios (SCC) e a massa seca do sistema radicular (MSSR) são as variáveis explicativas (independentes) que apresentam maiores efeitos positivos e diretos sobre a massa seca dos cladódios (MSC).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES, pelo auxílio financeiro (Projeto 23038.006862/2010-02 - Edital 029/2010).

REFERÊNCIAS

- BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. P. de; GALUCHI, T. P. D.; BAKKER, S. T. Propagação de pitáia-vermelha por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n.6, p.1106-1109, 2006.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n.2, p. 365-372. 2000.
- CABRAL, P. D. S.; SOARES, T. C. B.; LIMA, A. B. P.; SOARES, Y. J. B.; SILVA, J. A. da. Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n.1, p.132-138, 2011.
- COIMBRA, J. L. M.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, F. I. F.; GUIDOLIN, A. F.; SOARES, A. P. Consequências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.2, p.347-352, 2005.
- CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; MARQUES, V. B.; VALE, J. C.; AQUINO, B. F. Crescimento inicial de pitáia em função de combinações de doses de fósforo-zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n.1, p. 23-38, 2014.
- DONADIO, L.C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.637-929, 2009.
- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F. dos; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C. dos; PESSOA, R. A. S. Adução mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira—Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n.1, p. 129-135. 2010.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Estatística e Geografia**. Lista mantida pelo IPECE. 2011. Online. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso em: 20 nov. 2012.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1918. 478 p.
- KUREK, A. J.; CARVALHO, F. I. F. de; ASSMANN, I. C.; MARCHIORO, V. S.; CRUZ, P. J. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v.7, n.1, p. 29-32, 2001.
- LACOEUILHE, J. J.; GICQUIAUX, Y. La nutrition en cations de l'ananas à la Martinique. **Fruits**, Paris, n. 26, p. 519-531. 1971.
- LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with future. **Fruits**, Paris, v. 61, p. 237-250. 2006.
- LUDERS, L. **The pitaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*)**. Darwin: University of Darwin, 2004. 5p. (Agnote, 778).
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011. 486p.

- MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; MARQUES, V. B.; ARAÚJO, N. A.; MELO, P. C. Crescimento de pitaia-vermelha com adubação orgânica e granulada bioclástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 785-788, 2011.
- NUNES, E. N.; SOUSA, A. S. B. de; LUCENA, C. M. de; SILVA, S. de M.; LUCENA, R. F. P. de; ALVES, C. A. B.; ALVES, R. E. Pitaia (*Hylocereus* sp.): uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, Areia, v. 8, n.1, p. 90-98. 2014.
- ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y. D.; CARRILLO-SALAZAR, J. A. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): a short review. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.3, n.4, p.220-237, 2012.
- RODRIGUES, A. A.; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, A. P.; SILVA, S. M.; PEREIRA, W. E. Desenvolvimento vegetativo de abacaxizeiros ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’ no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n.1, p.126-134. 2010.
- SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. de A.; CRUZ, M. C. P. da; LUGÃO, S. M. B.; CAMPOS, F. P. de; CENTURION, J. F.; FERREIRA, M. E. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n.1, p.183-193. 2008.
- SILVA, A. L. P. da; SILVA, A. P. da; SOUZA, A. P. de; SANTOS, D.; SILVA, S. de M.; SILVA, V. B. da. Resposta do abacaxizeiro ‘Vitória’ a doses de nitrogênio em solos de tabuleiros costeiros da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.36, n.2, p. 447-456, 2012.
- SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F. de; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; SILVA, J. A. G. da; CAETANO, V. da R.; HARTWIG, I.; SOUSA, C. da S. Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.2, p.191-196, 2005.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Lahore, v. 20, p. 557-585, 1921.