



Diagnose por subtração para deficiências de nitrogênio e potássio em gergelim cultivado com solução nutritiva

Diagnosis by subtraction for deficiency of nitrogen and potassium in sesame frown with nutrient solution

Felipe Guedes de Souza¹, Lucia Helena Garófalo Chaves², Allan Nunes Alves³

Resumo: Objetivou-se caracterizar os sintomas visuais das deficiências de nitrogênio e potássio nas plantas de gergelim, cultivar G3, cultivadas em solução nutritiva com a omissão destes elementos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, utilizando a técnica denominada diagnose por subtração. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições: T1- solução nutritiva completa (controle); T2- solução nutritiva com omissão do Nitrogênio (-N) e T3- solução nutritiva com omissão do Potássio (-K). Foram realizadas as avaliações de crescimento (30; 45; 60; 75 DAS), o índice de clorofila (60DAS) e a matéria seca (75 DAS). Os sintomas das deficiências visuais foram registrados. As omissões de N e K foram limitantes para o desenvolvimento da cultura do gergelim afetando a sua estrutura física de crescimento bem como aparecimento de sintomas visuais característicos das deficiências nutricionais de cada nutriente.

Palavras-chave: nutrientes, *Sesamum indicum*. L., sintomas visuais, elemento faltante.

Abstract: This study aimed to characterize visual symptoms of nitrogen and potassium deficiencies in sesame plants, cv. G3, cultivated in nutrient solution with the omission of these elements. The experiment was carried out under greenhouse conditions at the Agricultural Engineering Department of the Federal University of Campina Grande, using the techniques of diagnosis through subtraction. The experimental design was completely randomized with three treatments and three repetitions: T1- complete nutrient solution (control); T2- nutrient solution omitting the nitrogen (-N) and T3- nutrient solution omitting the potassium (-K). During the experiment were carried out growth assessments (30; 45; 60; 75 DAS), chlorophyll index (60DAS) and dry matter (75 DAS). Symptoms of visual deficiencies were recorded. The omission of N and K were limiting for the development of sesame culture affecting the physical structure and growth characteristic showing visual symptoms of nutrient deficiencies of each nutrient.

Key words: nutrients, *Sesamum indicum*. L., visual symptoms, missing element

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 18/04/2016; aprovado em 23/07/2016

¹Mestrando, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande; 83 996711083, felipeguedes.eng@gmail.com.

²Doutora, Universidade Federal de Campina Grande, lhgarofalo@hotmail.com.

³Doutor, Universidade Federal de Campina Grande, allan_1nunes@yahoo.com.br.



INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum*, L), oleaginosa pertencente à família Pedaliaceae, é uma planta anual herbácea que apresenta resistência estomática bastante elevada, o que faz com que transpire menos em períodos críticos e resista mais à seca (OLIVEIRA et al., 2000). Isto faz com que esta planta possui ampla adaptabilidade em regiões de clima quente, com bom nível de tolerância a seca, com um mínimo de pluviosidade (300 mm) bem distribuída, com faixa ótima entre 400 e 650 mm (BELTÃO et al., 2009). É uma cultura rústica, pouco exigente em fertilidade do solo e água, mas responde a essas práticas (AVILA; GRATEROL, 2005; Oliveira, 2005).

No panorama internacional, o Brasil caracteriza-se como pequeno produtor de gergelim, com 15 mil toneladas produzidas numa área de 24 mil hectares e rendimento médio em torno de 625 kg ha⁻¹. Entretanto, o cultivo do gergelim vem ganhando destaque, principalmente na região Nordeste do país, por representar uma cultura de grande potencial econômico (ALVES, 2013), pois, suas sementes, com cerca de 50% de óleo de excelente qualidade, pode ser usado nas indústrias alimentícia, química e farmacêutica (cosméticos, medicamentos e defensivos agrícolas) e também na alimentação animal, pela qualidade nutricional de sua torta (SANTANA et al., 2013).

Os elementos minerais como, por exemplo, o nitrogênio (N) e o potássio (K), possuem várias funções essenciais e específicas no metabolismo das plantas, sendo que cada espécie vegetal difere em necessidade nutricional, as quais devem ser conhecidas para uma melhor potencialidade de seus resultados.

O nitrogênio, encontrado em muitos compostos orgânicos, é requerido pelas plantas, em quantidade superior a qualquer outro elemento mineral, e a disponibilidade deste nutriente geralmente limita a produtividade das plantas em muitos ecossistemas naturais e agrícolas (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Além disso, o nível de N na planta influencia a absorção ou a distribuição de praticamente todos os nutrientes (MALAVOLTA; VIOLANTE NETTO, 1989). Por isso, a deficiência deste elemento é caracterizada pela baixa taxa de crescimento, plantas pequenas, folhas de tamanho reduzido, morte prematura das folhas mais velhas, raízes sem ramificações, colapso e desenvolvimento dos cloroplastos, folhas cloróticas com necroses no estágio mais avançado da deficiência (MENGEL; KIRKBY, 1987).

O potássio é o cátion mais abundante no citoplasma, sendo altamente móvel na planta, com importante papel no estado energético da planta, na translocação e no armazenamento de assimilados, além da manutenção da água nos tecidos vegetais. Este macronutriente é o maior agente osmótico catiônico celular (EPSTEIN; BLOOM, 2006). A deficiência deste elemento, além de ocorrer o colapso nos cloroplastos e mitocôndrias, reduz a taxa de crescimento e, posteriormente, clorose e necrose das folhas, iniciada nas margens e nas extremidades de folhas velhas, com o decréscimo no turgor sob estresse hídrico e flacidez (MENGEL; KIRKBY, 1987). As manchas necróticas que aparecem nas folhas, provavelmente, são devidas o acúmulo de compostos nitrogenados, inclusive as aminas putrescinas e agmatina, demonstrando o desequilíbrio nutricional da planta (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O diagnóstico de problemas nutricionais mediante a observação de sintomas visuais tem grande importância prática por permitir que sejam tomadas decisões rápidas no campo para sanar as deficiências. Entretanto, é necessário conhecer estes sintomas, e para isso utiliza-se o método de diagnose por omissão, ou técnica do elemento faltante, o qual fornece informações semiquantitativas, relacionadas com os nutrientes que podem limitar o desenvolvimento da planta (MALAVOLTA et al. 1997) e, conseqüentemente, a produção de óleo vegetal.

Diante do exposto o objetivo deste trabalho foi caracterizar os sintomas visuais das deficiências de nitrogênio e potássio nas plantas de gergelim cultivadas em solução nutritiva com a omissão destes elementos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, de janeiro a março de 2016.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições, da seguinte maneira: T1- solução nutritiva completa (controle) segundo Hoagland e Arnon (1950); T2- solução nutritiva com omissão do Nitrogênio (-N) e T3- solução nutritiva com omissão do Potássio (-K), tendo como parcela experimental uma planta por vaso de 3,0 L.

As soluções nutritivas estoques foram preparadas com reagente P.A. e água deionizada. Durante todo o experimento foram feitas medidas de pH e Condutividade Elétrica (CE) para controle dos mesmos, mantendo sempre os pHs no intervalo de 6,0 a 7,0 e a CE em torno de 2,5 dS cm⁻¹.

As plantas de gergelim, cultivar G3, utilizadas no experimento, foram obtidas via sementes e germinadas em copos descartáveis com substrato comercial. Quinze dias após a germinação, as mudas foram transferidas para a solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950), com 10% da sua força iônica para uma adaptação, as quais permaneceram sob aeração constante até a fase final de experimentação em vaso.

Após este período de adaptação, as plantas foram transplantadas para vasos com capacidade para três litros e aplicaram-se os tratamentos sob a técnica do elemento faltante. As soluções nutritivas foram trocadas semanalmente e sua força iônica aumentada gradativamente até chegar aos 100%. Os vasos foram tampados com isopor com um orifício no centro dos mesmos para a fixação das plantas.

As avaliações de crescimento, como por exemplo, a altura da planta, diâmetro caulinar e número de folhas, foram feitas de 15 em 15 dias após os 30 primeiros dias de semeadura. Aos 60 dias após a semeadura (DAS) foram determinados os teores de clorofila na quarta folha a partir do ápice utilizando o medidor portátil de clorofila SPAD (COELHO et al., 2010). Após os 75 DAS as plantas foram colhidas lavadas em água corrente e colocadas em estufa de circulação forçada de ar, a temperatura de 65 a 70 °C, até que o material apresentasse massa constante. Posteriormente, material foi pesado em balança de precisão para a determinação de massa seca.

Os sintomas de deficiência visuais foram registrados por fotografias aos 60 dias após a semeadura.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste Tukey, a 1% e 5%

de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2003).

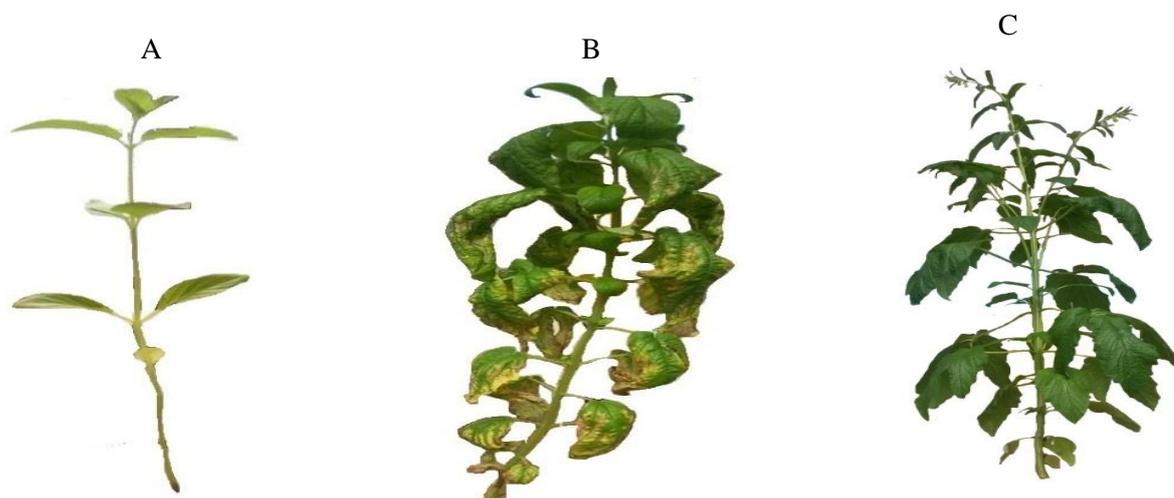
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As deficiências minerais induzidas promoveram aparecimento de sintomas característicos, tanto na ausência de nitrogênio como na ausência de potássio.

Os sintomas de deficiência de nitrogênio surgiram no início do desenvolvimento das plantas, sendo que as folhas mais velhas apresentaram clorose uniforme no limbo foliar

(Figura 1A). Sintoma semelhante foi observado por Cruz et al. (1983), em plantas de girassol da linhagem LA 1, em condições de casa de vegetação, porém, observados no início de formação do capítulo até o florescimento. Segundo Malavolta et al. (1997), este sintoma está associado à menor produção de clorofila, ocasionando modificação nos cloroplastos. Mendes (1959) acrescenta a grande importância do nitrogênio não só no crescimento, mas também na divisão celular. Também se pôde observar que a deficiência de nitrogênio afetou o crescimento, com a redução de caule e número de folhas.

Figura 1. Deficiências visuais apresentadas pela falta de nitrogênio (A) e potássio (B) em relação a completa (C) nas plantas de gergelim após 60 DAS.



Fonte: Autor (2016)

As características da falta de potássio nas plantas de gergelim podem ser observadas na Figura 1B, onde o aparecimento de clorose e necrose são evidentes nas folhas mais velhas; ainda também é possível observar as folhas murchas e amareladas. Conforme Epstein (1975), em plantas com deficiência de potássio, os compostos nitrogenados solúveis, inclusive as aminas, putrescinas e agmatina, muitas vezes, se acumulam, sendo a última provavelmente responsável pelas manchas necróticas que aparecem nas folhas deficientes desse nutriente.

A planta de gergelim conduzida ao longo do experimento recebendo todos os macro e micronutrientes nas quantidades adequadas para o seu desenvolvimento teve um bom desenvolvimento (Figura 1C).

As variações do número de folhas, alturas de plantas e do diâmetro caulinar em função dos tratamentos, -N e -K, nos quatro períodos avaliados (30; 45; 60 e 75 DAS) e a matéria seca total das plantas colhidas aos 75 DAS, foram influenciadas significativamente como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Resumo das análises das variâncias para os dados de número de folhas, da altura da planta, diâmetro caulinar e matéria seca total das plantas de gergelim, em função dos tratamentos (-N; -K).

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		30 DAS	45 DAS	60 DAS	75 DAS
Número de Folhas					
Tratamento	2	36**	108,33**	1443**	6295,44**
CV (%)		7,5	7,5	7,5	8,3
Altura de Plantas					
Tratamento	2	13,56**	253,23**	34,68**	89,09**
CV (%)		7,5	7,5	7,5	8,5
Diâmetro Caulinar					
Tratamento	2	3,59**	24,39**	62,47**	113,10**
CV (%)		7,0	7,5	7,5	8,5
Matéria Seca Total					
Tratamento	2				25,55**
CV (%)					9,5

** , Significativo a 1 % de probabilidade

Os efeitos da omissão dos nutrientes no crescimento das plantas podem ser mais bem percebidos analisando-se os dados apresentados na Tabela 2. Ao se considerar a produção de folhas, verifica-se que, no tratamento -N, aos 30 DAS não havia folhas, aparecendo às mesmas somente a partir deste

período. Em todos os outros períodos analisados, o número de folhas foi estatisticamente a 1% de probabilidade menor do que o verificado para o completo e menor do que as plantas com omissão de potássio (-K) embora não se tenha observado diferença significativa entre estes valores.

Tabela 2 - Resultados médios das variáveis de crescimento das plantas de gergelim, após 30, 45, 60 e 75 DAS.

Tratamentos	Número de Folhas	Altura de Planta (cm)	Diâmetro do Caule (cm)
30 DAS			
Completo	6 a	13,1 a	4,2 a
Omissão de N (-N)	0 b	8,9 b	1,9 c
Omissão de K (-K)	6 a	10,6 b	3,0 b
45 DAS			
Completo	14 a	29,8 a	7,8 a
Omissão de N (-N)	3 b	11,5 b	2,1 b
Omissão de K (-K)	11 ab	20,2 b	5,1 a
60 DAS			
Completo	50 a	87,3 a	11,8 a
Omissão de N (-N)	7 b	20,5 b	2,7 c
Omissão de K (-K)	21 b	43,1 b	6,5 b
75 DAS			
Completo	99 a	139,6 a	15,4 a
Omissão de N (-N)	10 b	35 c	3,4 b
Omissão de K (-K)	35 b	61 b	7,4 b

Valores médios seguidos de mesma letra na coluna não difere entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade

Da mesma forma, a altura das plantas com o tratamento -N, em todos os períodos avaliados, foi significativamente a 1% de probabilidade menor do que o verificado para o completo. Somente aos 75 DAS, as alturas das plantas cultivadas com omissão de N foram diferentes significativamente daquelas plantas cultivadas sem potássio, ou seja, foram inferiores.

Em todos os períodos avaliados os diâmetros caulinares das plantas cultivadas com o tratamento -N foram menores daqueles das plantas cultivadas com solução nutritiva completa e com a solução sem potássio.

O comportamento dos parâmetros de crescimento das plantas cultivadas com o tratamento -K foi semelhante aos das plantas cultivadas sem nitrogênio na solução nutritiva, ou seja, o número de folhas, a altura das plantas e o diâmetro caulinar, em todos os períodos de avaliação, foram menores significativamente do que aqueles das plantas cultivadas com solução nutritiva completa e, semelhantes ou maiores do que aqueles das plantas com o tratamento -N. O potássio é um dos elementos essenciais para o desenvolvimento do gergelim, o que foi comprovado por Rollier et al. (2000) e por Lewis et al. (2010) pelo efeito positivo da adubação potássica no plantio desta cultura em condições de campo.

Embora a omissão de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva quando comparadas com a completa tiveram perdas significativas no processo de desenvolvimento das plantas. Também é possível identificar que entre a omissão destes elementos para a cultura do gergelim, o nutriente que mais afetou o desenvolvimento da mesma foi o nitrogênio, ocasionando maiores perdas do que o potássio quando se compara as variáveis de crescimento analisadas, altura de plantas, diâmetro caulinar e número de folhas, e conseqüentemente, a produção de matéria seca, dando indício de que o nitrogênio é mais determinante que o potássio no processo de crescimento e produção das plantas de gergelim.

Os tratamentos influenciaram negativamente de forma significativa na produção de massa seca da parte aérea sendo que a falta de nitrogênio mais afetou esta produção (Tabela 3). Este nutriente é essencial para o desenvolvimento do gergelim como pode ser visto por Lima et al. (2007). Estes autores estudando efeitos de doses crescentes de nitrogênio na cultura do gergelim, cultivadas em solução nutritiva, obtiveram como resultados um acréscimo significativo das variáveis de crescimento da planta quando ocorria um aumento nas doses de nitrogênio.

Tabela 3 - Resultados médios da produção da matéria seca (g/vaso) e índice de clorofila (SPAD)

Tratamentos	Índice de Clorofila (SPAD)	Matéria Seca
Completo	42,6a	18,7a
Omissão de N	20,9c	0,57c
Omissão de K	33,8b	8,2b
CV (%)	6,3	9,5

Valores médios seguidos de mesma letra na coluna não difere entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade.

A omissão de potássio reduziu a matéria seca das plantas de gergelim em torno de 56% quando comparada com o tratamento completo. Isto já era esperado em virtude do potássio ser requerido em grandes quantidades pelas plantas

(NIU et al., 2013), uma vez que ele é envolvido nos processos de osmorregulação, extensão celular, abertura e fechamento de estômatos, ativação de enzimas, sínteses de proteínas (MARSCHNER, 2012; PETTIGREW, 2008), entre outros.

Á respeito do índice de clorofila medido pelo SPAD pode-se verificar uma diferença significativa entre os tratamentos com omissão de N e K em relação ao tratamento completo. No tratamento com -N, houve redução de aproximadamente 50 % do índice SPAD, devido a este nutriente estar relacionado com a formação da clorofila, pigmento no tecido dos vegetais que confere a cor verde. Plantas submetidas à deficiência de nitrogênio podem apresentar redução da taxa assimilatória líquida de CO₂ (EVANS, 1989), determinante do crescimento vegetal (CRUZ et al., 2007). Além disso, o nitrogênio correlaciona-se positivamente com o teor de clorofila da folha (SCHADCHINA; DMITRIEVA, 1995), por isso o índice SPAD foi menor para plantas sob omissão de N.

Já no tratamento referente ao -K verificou também uma redução de aproximadamente 21%, um pouco menor do que houve no nitrogênio pelo fato do potássio não estar tão relacionado à formação de clorofila.

CONCLUSÕES

As omissões de N e K foram limitantes para o desenvolvimento da cultura do gergelim (Cultivar G3) afetando a sua estrutura física de crescimento bem como aparecimento de sintomas visuais característicos das deficiências nutricionais de cada nutriente.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J.R. Comercialização do gergelim. In: BELTRÃO, N.E.M.; FERREIRA, L.L.F.; QUEIROZ, N. L.; TAVARES, M.S.; ALENCAR, R.D.; PORTO, V.C.N. (Org) O gergelim e seu cultivo no semiárido brasileiro. Natal: IFRN, 2013. 225p.
- ÁVILA, J. M.; GRATEROL, Y. E. Planting date, row spacing and fertilizer effects on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Bioagro*, v. 17, n. 1, p. 35-40, 2005.
- BELTRÃO, N.E.M.; VIEIRA, D.J. O agronegócio do gergelim no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 348p.
- BRAGA, J.M. Avaliação da fertilidade do solo: ensaios de campo. Viçosa, Imprensa Universitária/UFV, 1983. 101p.
- CARVALHO, P. G. B.; BORGHETTI, F.; BUCKERIDGE, M. S.; MORHI, L.; FERREIRA FILHO, E. X. Temperature-dependent germination and endomannase activity in sesame seeds. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. Lavras, v. 13, n. 2, p.139-148, 2001.
- COELHO, F.S.; FONTES, P.C.R.; PUIATTI, M.; NEVES, J.C.L.; SILVA M.C.C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2010, 34:1175-1183.
- CRUZ, M. C. P., M. E. FERREIRA & N. G. FERNANDES. Diagnose por subtração em girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1983. 1311-1315.
- EPSTEIN, E. *Nutrição mineral de plantas, princípios e perspectivas*. Universidade de São Paulo, São Paulo. 1975. 341 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. *Nutrição mineral de plantas: Princípios e Perspectivas*. 3.ed. Londrina, Planta, 2006. 403p.
- EVANS, J.R. Photosynthesis and nitrogen relationship in leaves of C3 plants. *Oecologia*, 1989. 78:09-19.
- FERREIRA, D.F. SISVAR software. Versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software. Ginwal HS, Phartyal SS, Rawat PS & Srivastava RL Seed source variation in morphology, germination and seedling growth of *Jatropha curcas* Linn. in Central India. *Silvae Genetica*, 2005. 54:76-80.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. *Calif. Agr. Exp. STA. Cir*, 1950. 347p.
- LEWIS, D. C., T. D. Potter & S. E. Weckert. The effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer application on the seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) grown on sandy soils and the prediction of Pesquisa Agropecuária Tropical, 2010. 36 (3): 187-193, 2006 – 193 phosphorus and potassium responses by soil tests. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 28 (2): 185-190
- LIMA, A., M. M. MISCHAN & A. M. L. NEPTUNE. Efeito isolado e combinado de nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento do gergelim. 2007. *Anais da ESALQ*, 43 (1): 857-873.
- MALAVOLTA, E.; VIOLANTI NETTO, A. *Nutrição mineral, calagem, gessagem e abubação dos citros*. Piracicaba: POTAFOS-Associação Brasileira para a Pesquisa da Avaliação da Potassa e do Fosfato, 1989. 153p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLVEIRA, S.A. de. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*, 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARSCHNER, P. *Marchner's mineral nutrition of higher plants*. 3rd ed. New York, Academic Press. 2012, 651p.
- MENDES, H. C. *Nutrição do algodoeiro*. I. Sintomas de deficiências minerais em plantas vegetando em soluções nutritivas. *Bragantia*, 1959. 18 (3): 467-481.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- NIU, J.; ZHANG, W.; RU, S.; CHEN, X.; XIAO, K.; ZHANG, X.; ASSARAF, M.; IMAS, P.; MAGEN, H.; ZHANG, F.; Effects of potassium fertilization on winter wheat under different production practices in the North China Plain. *Field Crops Research*, 2013, 140:69-76.
- OLIVEIRA, A. P.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; BRUNO, G. B. Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivado com esterco bovino e adubo mineral. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 22, n 2, p. 102-108, 2000.
- OLIVEIRA, E. *Características da cultura do gergelim*. Campo Florido: Emater, 2005.
- PETTIGREW, W.T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiologia Plantarum*, 2008 133: 670-681.

ROLLIER, M., S. TROCME & R. BONIFACE. Observation sur la fertilization phospho-potassique tornassol. Cettion, 2000. 1 (1): 29-39.

SANTANA, M.; MORAIS, J.P.S.; MEDEIROS, E.P.; SOUZA FILHO, M.S.M.; ROSA, M.F. Aproveitamento agroindustrial. In: BELTRÃO, N.E.M; FERREIRA, L.L.F.; QUEIROZ, N. L.; TAVARES, M.S.; ALENCAR, R.D.;

PORTO, V.C.N. (Org) O gergelim e seu cultivo no semiárido brasileiro. Natal: IFRN, 2013. 225p.

SCHADCHINA, T.M., DMITRIEVA, V.V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. Journal of Plant Nutrition, 1995, 18:1427-1437.