

EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES POR CULTIVARES MODERNAS DE AMENDOIM

Carlos Felipe dos Santos Cordeiro¹, Leonardo Vesco Galdi², Gian Lucas Bresqui Andrade², Gilmar Santos Martins Junior² & Fábio Rafael Echer²

¹Universidade Estadual Paulista, Departamento de Melhoramento e Produção Vegetal – UNESP-Botucatu-SP. cordeirocfs@gmail.com

²Universidade do Oeste Paulista, Departamento de Agronomia – UNOESTE-Presidente Prudente-SP. fabioecher@unoeste.br

PROBLEMÁTICA.

O amendoim é uma planta com alta eficiência no uso dos nutrientes. No passado, quando havia cultivo predominantemente de cultivares de porte ereto (Valência e Spanish) de baixo potencial produtivo (3-4 ton ha⁻¹), poucos produtores realizavam adubações. Porém atualmente grande parte do amendoim cultivado no Brasil é do tipo *Runner* (Virgínea) de alto potencial produtivo (7-9 ton ha⁻¹) e a reposição dos nutrientes via adubação é fundamental para obtenção de produtividades econômicas, principalmente quando o cultivo ocorre em ambientes de solos arenosos de baixa fertilidade. Por outro lado, pouco se sabe sobre a demanda nutricional das cultivares modernas de amendoim, sendo necessários novos estudos para ajustar as recomendações de adubações. O primeiro passo é determinar a necessidade (extração e exportação) de cada nutriente com estudos regionais, uma vez que o ambiente de produção pode afetar a taxa de extração e exportação dos nutrientes.

CONHECIMENTO PRÉVIO

A maior parte dos estudos sobre adubação e nutrição do amendoim foram realizados na década de 1980 com cultivares antigas de porte ereto, onde foi reportado alta eficiência no uso dos nutrientes pelo amendoim (Nakagawa e Rosolem, 2011). Estudos recentes com cultivares tipo *Runner* também reportaram que o amendoim tem alta eficiência na fixação biológica de nitrogênio (Crusciol et al., 2018; Gericó et al., 2020) e absorção de potássio (Cordeiro et al., 2023), por exemplo, e mesmo assim tem sido reportado incremento de produtividade com adubação de macro e micronutrientes. O fato é que, na maior parte das vezes, produtores têm realizado as adubações de forma empírica, sem embasamento científico.

Atualmente o amendoim brasileiro é cultivado principalmente em ambientes de solos arenosos de baixa fertilidade, em áreas de reforma de pastagem, reforma de canaviais, ou em rotação com pastagem, sorgo e mandioca. Nesses ambientes a produtividade das cultivares modernas podem chegar até 6 ton ha⁻¹, enquanto a média nacional é de apenas 4 ton ha⁻¹ de amendoim em casca. Uma das estratégias para reduzir a lacuna de produtividade do amendoim é melhorar o manejo de adubação e nutrição da cultura. Assim, estudos de extração e exportação de nutrientes são fundamentais para determinar a necessidade dos nutrientes pelo amendoim.

No Brasil, recentemente, foi realizado um estudo de extração e exportação de nutrientes por cultivares modernas de amendoim na região de Botucatu-SP (Crusciol et al., 2021; Crusciol et al., 2023). Esses estudos foram conduzidos em um solo

argiloso de alta fertilidade (pH: 5,9, matéria orgânica: 30 g dm⁻³, fósforo: 60 mg dm⁻³, S-SO₄: 24 mg dm⁻³, potássio, cálcio, magnésio e CTC de 7,7, 59, 38 e 131 mmol_c dm⁻³, respectivamente, e boro, cobre, ferro, manganês e zinco: 0,36, 12,6, 16, 34,4 e 2,6 mg dm⁻³, respectivamente) e isso pode ter resultado em consumo de luxo (absorção além do necessário) pelo amendoim. Nessas publicações foi reportado extração de 59, 11, 32, 20, 9, 3 kg ton⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e para micronutrientes a extração em torno de 47, 27, 202, 99 e 52 g ton⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente. Enquanto que a exportação foi de 45, 3, 21, 2, 3 e 2 kg ton⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, e 18, 18, 42, 30 e 30 g ton⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente, sendo a produtividade média do estudo de 7 ton ha⁻¹ ou 700 sacos por alqueire. Porém raramente o amendoim será cultivado em um solo de alta fertilidade, sendo necessários estudo em ambientes de representem melhor a realidade atual do amendoim. O objetivo do estudo foi avaliar a extração e a exportação de macro e micronutrientes por cultivares modernas de amendoim tipo *Runner* de ciclo tardio e precoce em solos arenosos de baixa fertilidade.

DESCRIÇÃO DA PESQUISA

O experimento foi realizado em área experimental em Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, nas coordenadas 22°07'10" S, 51°26'59" O, altitude de 475 m, local de clima tropical com inverno seco (Aw – Sistema de Classificação de Köppen). Os valores de precipitação durante a condução do experimento foram de 819 mm em 2021/2022 e a distribuição das chuvas e temperaturas são mostradas na Figura 1. O solo da área de estudo é arenoso (6,2% de argila, na camada de 0,00-0,20 m), e as propriedades químicas: pH: 4,8, matéria orgânica: 11 g dm⁻³, fósforo: 28 mg dm⁻³, enxofre: 3 mg dm⁻³, potássio, cálcio, magnésio e CTC de 1,6, 12, 7 e 42 mmol_c dm⁻³, respectivamente, e boro, cobre, ferro, manganês e zinco 0,09, 1,5, 47, 4 e 1,3 mg dm⁻³, respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram três cultivares modernas de amendoim (tipo *Runner*), sendo duas cultivares de ciclo precoce (BRS 423 OL e Granoleico) e uma cultivar de ciclo tardio (BRS 421 OL). As parcelas tinham 3,6 de largura e 6,0 m de comprimento.

A semeadura ocorreu dia 17 de novembro de 2021. A adubação de semeadura foi realizada com 8, 68 e 20 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e 540, 240, 600, 30 e 2700 g ha⁻¹ de B, Cu, Mn, Mo e Zn, respectivamente. A emergência do amendoim ocorreu no dia 23 de novembro. Aos 30 dias após a emergência (DAE) foi aplicado 1 kg ha⁻¹ de B, 30 kg ha⁻¹ de K₂O e 500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola em cobertura. Também foi realizado aplicação de molibdênio via foliar aos 30 DAE – 50 g ha⁻¹.

Foram realizadas sete coletas para as cultivares de ciclo precoce e oito para as cultivares de ciclo tardio. As coletas de plantas ocorreram aos 24, 48, 62, 76, 90, 104 e 120 (colheita) dias após a emergência (DAE), para cultivares de ciclo precoce,

que correspondem aos estádios fenológicos V5, R3, R5, R5-R6, R6, R7 e R8-R9, respectivamente, conforme descrição feita por Boote (1982). Para a cultivar tardia, as coletas foram realizadas aos 24, 48, 62, 76, 90, 104, 120 e 134 (colheita) dias após a emergência (DAE), que correspondem aos estádios fenológicos V4, R2, R4, R5, R5-R6, R6-R7, R7 e R8-R9, respectivamente, conforme descrição feita por Boote (1982).

Amostras de folhas, caules e estruturas reprodutivas foram pesadas separadamente em balança com precisão de 0,01 g, colocadas em sacos de papel e secas em estufa a 65 °C (até peso constante). A matéria seca foi utilizada para quantificar o acúmulo de biomassa para cada estrutura vegetal em kg ha⁻¹. Após a secagem, as amostras foram submetidas à análise química seguindo os métodos de Malavolta et al. (1997) para determinação do teor de nutrientes. Pela multiplicação da matéria seca e concentração de cada nutriente no tecido foi obtido a extração e exportação de cada nutriente. A extração (folha, caule e estruturas reprodutivas) foi estimada com base no pico de absorção de cada nutriente (máxima absorção) a exportação foi estimada com base os teores e matéria seca de vagens + grãos no momento da colheita. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade (p < 0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença de produtividade, extração e exportação entre as cultivares precoce (BRS 423 OL e Granoleico) sendo considerado a média das duas cultivares. A produtividade da cultivar tardia foi maior (6 ton ha⁻¹) em relação as cultivares de ciclo precoce (4 ton ha⁻¹). Nessa região o ciclo das cultivares precoces foram de 120 dias e da cultivar tardia de 134 dias. A cultivar tardia também teve maior produção de matéria seca total (11,2 ton ha⁻¹) comparado às cultivares precoce (7,9 ton ha⁻¹) (Tabela 1). Isso pode ser explicado pelo maior vigor de crescimento da cultivar tardia e maior tempo no campo para acúmulo de biomassa.

Com relação aos macronutrientes, a extração total foi de 216, 25, 204, 64, 28 e 17 kg ha⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente – (cultivares precoce) e 324, 30, 210, 96, 32 e 24 kg ha⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente – (cultivar tardia). A exportação via colheita das vagens foi de 144, 17, 38, 11, 8,8 e 8,8 kg ha⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente – (cultivares precoce) e 234, 20, 50, 15, 7,2 e 13 kg ha⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente – (cultivar tardia). Curiosamente lavouras de amendoim em alta produtividade deixam no sistema em torno de 90 kg ha⁻¹ de N após a colheita, ou seja, do total absorvido cerca de 30% volta para o solo via decomposição das folhas e caule. Para P e K deve-se considerar que nos fertilizantes os conteúdos são expressos em P₂O₅ e K₂O, sendo necessário a conversão.

Para os micronutrientes a extração total foi de 380, 79, 2708, 480 e 300 g ha⁻¹ para B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente – (cultivares precoce) e 432, 96, 2544, 690 e 396 g ha⁻¹ para B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente – (cultivar tardia). A exportação

via colheita das vagens foi de 104, 48, 932, 96 e 188 g ha⁻¹ para B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente – (cultivares precoces) e 138, 60, 984, 156 e 240 g ha⁻¹ para B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente – (cultivar tardia). Atenção deve ser dada principalmente para B e Zn uma vez que normalmente os solos com cultivo de amendoim têm deficiência desses dois elementos, podendo ser considerado a extração para determinar a dose de aplicação. Para Fe possivelmente há consumo de luxo uma vez que o teor no solo era alto antes da semeadura do amendoim.

Ao comparar nossos resultados com os trabalhos de Crusciol et al. (2021) e Crusciol et al. (2023) observa-se que há pouca diferença da extração e exportação por tonelada produzida. Apenas para o elemento boro que em nosso estudo a extração foi maior em relação aos estudos realizados em ambiente de solo argiloso. Adicionalmente, a extração e exportação total foi maior nos estudos realizados em ambiente de solo argiloso em função da maior produtividade.

APLICAÇÃO PRÁTICA

A ordem de extração dos macronutrientes para o amendoim é N, K, Ca, Mg, P e S; exportação N, K, P, Ca, S e Mg. A ordem de extração do micronutrientes para o amendoim é Fe, Mn, B, Zn e Cu; exportação Fe, Zn, Mn, B e Cu. Quanto maior a produtividade da lavoura maior é a extração e exportação dos nutrientes. Para os programas de adubações deve-se considerar:

- Solos com teores de nutrientes abaixo do nível crítico: extração da cultura, eficiência do amendoim em utilizar formas de nutrientes menos lábeis e a fixação biológica de nitrogênio.
- Solos com teores de nutrientes acima do nível crítico: exportação da cultura com objetivo de repor o que foi removido do solo via colheita das vagens.

AGRADECIMENTOS

A empresa ICL por financiar as análises de tecido vegetal.

LITERATURA CITADA

BOOTE, K. J. Growth stages of peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Peanut science**, v.9, 1982, p.35-40. <https://doi.org/10.3146/i0095-3679-9-1-11>

CORDEIRO, C.F.D.; PILON, C.; ECHER, F.R.; ALBAS, R.; TUBBS, R.S.; HARRIS, G.H.; ROSOLEM, C.A. Adjusting peanut plant density and potassium fertilization for different production environments. **Agronomy Journal**, v.115, 2023, p.817-832. <https://doi.org/10.1002/agj2.21271>

CRUSCIOL, C.A.C.; FERRARI, J.; MUI, T.S.; FRANZLUEBBERS, A. J.; COSTA, C.H.M.D.; CASTRO, G.S.A.; COSTA, N.R. Rhizobial inoculation and molybdenum fertilization in peanut crops grown in a no tillage system after 20 years of pasture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.43, 2018, p- 1-19 <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20170399>

CRUSCIOL, C. A. C.; PORTUGAL, J. R.; BOSSOLANI, J.W.; MORETTI, L.G.; FERNANDES, A.M.; GARCIA, J.L.N.; CANTARELLA, H. Dynamics of macronutrient uptake and removal by modern peanut cultivars. **Plants**, v.10, 2021, p.2167. <https://doi.org/10.3390/plants10102167>

CRUSCIOL, C. A. C.; PORTUGAL, J. R.; BOSSOLANI, J. W.; MORETTI, L. G.; FERNANDES, A. M.; MOREIRA, A.; CANTARELLA, H Dynamics of Micronutrient Uptake and Removal by Three Modern *Runner* Peanut Cultivars. **Crops**. v.3, 2023, p. 101-115. <https://doi.org/10.3390/crops3020010>

GERICÓ, T.G.; TAVANTI, R.F.R.; de LIMA, J. P.; RIBEIRO, R.P.; SANTOS, L.C.C.; SILVA, M.S.; REIS, A.R. Cobalt and molybdenum stimulate compounds of primary metabolism, nitrogen forms, and photosynthetic pigments in peanut plants (*Arachis hypogaea* L.). **Journal of Plant Nutrition**, v.43, 2020, p.1907-1922. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1750646>

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. **O amendoim: Tecnologia de Produção**. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, Botucatu. 2011. p.325. MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional**. v.2, 1997, p.115-230.

FIGURAS E TABELAS

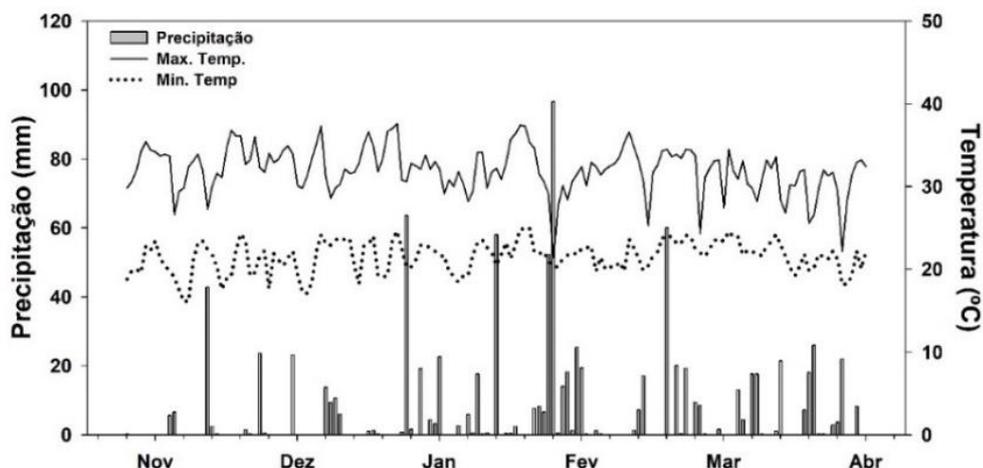


Figura 1. Precipitação, temperatura máxima e mínima, durante a condução do estudo. Presidente Prudente-SP. 2021/2022.

Tabela 1. Extração e exportação de macro e micronutrientes em cultivares modernas de amendoim de ciclo precoce e tardio.

	Macronutrientes						
	MS t ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S
kg t ⁻¹ grãos + casca							
<i>Cultivar precoce (4 t ha⁻¹)</i>							
Extração	7,9	54	6,2	51	16	7,0	4,3
Exportação	3,8	36	4,2	9,6	2,8	2,2	2,2
% exportação	48	67	67	19	18	31	51
Restos culturais	4,2	18	2,0	41	13,2	4,8	2,1
<i>Cultivar tardia (6 t ha⁻¹)</i>							
Extração	11,2	54	5,0	35	16	5,3	4,0
Exportação	5,5	39	3,4	8,2	2,5	1,2	2,1
% exportação	49	71	67	24	16	22	54
Restos culturais	5,7	15	1,6	27	14	4,1	1,9
	Micronutrientes						
	MS t ha ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn	**
g t ⁻¹ grãos + casca							
<i>Cultivar precoce (4 t ha⁻¹)</i>							
Extração	7,9	95	19	677	120	75	**
Exportação	3,8	26	12	233	24	47	**
% exportação	48	28	63	35	20	62	**
Restos culturais	4,2	69	7,0	444	96	28	**
<i>Cultivar tardia (6 t ha⁻¹)</i>							
Extração	11,2	72	16	424	115	66	**
Exportação	5,5	23	10	164	26	40	**
% exportação	49	32	64	39	23	60	**
Restos culturais	5,7	49	6,0	260	89	26	**

MS: matéria seca.