

EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DO FEIJÃO-CAUPI

L. S. SAMPAIO¹

E. C. BRASIL²

Introdução

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), também conhecido como feijão-de-corda, feijão macassar, feijão-da-colônia, feijão-de-praia, feijão-de-vara, feijão-de-moita, feijão-quarenta dias e quarentinha, é originário da África e muito cultivado na faixa tropical dos continentes Asiáticos e Americanos (EMBRAPA, 2003). É uma leguminosa cujos grãos possuem alto valor alimentar, devido ao seu elevado teor protéico, sendo considerada uma das principais fontes de proteína vegetal e ferro, constituindo-se em importante componente da dieta alimentar das populações no meio rural e urbano, especialmente, aquelas de menor poder aquisitivo (GRANGEIRO et al., 2005). Do ponto de vista socioeconômico, destaca-se como uma cultura de grande importância para as populações produtoras locais, por caracterizar-se como fixadora de mão-de-obra, possuindo grande impacto na geração de emprego e renda.

No Brasil, o feijão-caupi tem sido cultivado como cultura de subsistência ou comercial nas regiões Norte e Nordeste, adaptando-se bem às adversidades climáticas e edáficas, em decorrência das suas características de rusticidade e precocidade (DANTAS et al., 2002). Por essas características tem merecido grande atenção por parte de agricultores da região Centro-Oeste, onde apresenta crescente avanço em área plantada. Embora, o cultivo do feijão-caupi seja realizado, principalmente, por agricultores de base familiar, cultivos em maior escala, empregando tecnologias modernas, já passam a fazer parte do cotidiano da cultura nas regiões tradicionais de produção do estado do Pará (CRAVO et al., 2006). No entanto, a produtividade média do estado ainda é baixa, 768 kg.ha⁻¹, considerando o potencial da cultura. Em 2008, a produtividade dos maiores municípios produtores variou de 657 a 1.218 kg.ha⁻¹ (IBGE-GCEA- Levantamento Sistemático da Produção Agrícola-LSPA/2003 a 2008). Vários fatores justificam os índices da produtividade da cultura: baixo ou nenhum emprego de tecnologia usado no sistema de produção; baixa fertilidade e elevada acidez dos solos; manejo inadequado da adubação; e baixa tolerância dos cultivares à doenças (CRAVO et al., 2004; CARDOSO et al., 1997).

Como cultura emergente, o feijão-caupi vem apresentando problemas como a falta de sementes para atender ao aumento da área plantada, alta dos preços dos fertilizantes diminuindo a rentabilidade dos produtores, e a competitividade com outros centros produtores. Tendo em vista as questões já citadas, modelos convencionais de produção são revistos em detrimento à sustentabilidade econômica e ecológica, de modo a diminuir custos e otimizar o uso dos recursos água, luz e nutrientes. Para tal o conhecimento do ambiente de produção e do genótipo se faz necessário para a produtividade ótima do sistema. Um dos aspectos chave é o estudo da nutrição mineral das plantas componentes do sistema de produção para o planejamento da adubação de forma integrada.

¹ Prof. Dra da Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Presidente Tancredo Neves, 2501-Montese CEP66077-530, Belém PA, leila.sampaio@ufra.edu.br.

² Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental. Tr. Enéas Pinheiro s/n, CEP 66.095-100, Belém-PA, brasil@cpatu.embrapa.br.

A nutrição mineral tem um papel fundamental para o desenvolvimento e produção das culturas agrícolas. A aptidão das plantas em absorver e utilizar nutrientes minerais está relacionada às quantidades destes nas diferentes partes do tecido vegetal, refletindo o seu estado nutricional, que por sua vez é condicionado pelos fatores genéticos e ambientais. As quantidades absorvidas, acumuladas e exportadas de nutrientes são informações imprescindíveis para conhecer as exigências nutricionais de uma planta, diagnosticar a disponibilidade de nutrientes no solo e subsidiar ações de manejo relativo ao fornecimento de nutrientes. Outro aspecto importante são as curvas de crescimento e a marcha de absorção de nutrientes nos diferentes estádios fenológicos da planta, pois permitem conhecer as quantidades de nutrientes absorvidos, a intensidade relativa de absorção e os períodos de maior demanda de nutrientes, permitindo estabelecer o momento fenológico mais adequado para a aplicação dos fertilizantes. É importante ressaltar a importância do uso da escala fenológica para o manejo da cultura, pois a escala diária, comumente usada, é imprecisa e leva a erros nas ações de manejo, visto que a duração da periodicidade das fenofases varia com o genótipo e com as condições edafoclimáticas de produção.

Estudos sobre crescimento e acúmulo de nutrientes na cultura do feijão-caupi são raros. Os primeiros estudos datam de 1976 e 1979 registrados por Oliveira em 1988, basicamente com duas cultivares Pitiuba e Dorminhoco. O estudo norteou vários trabalhos de adubação com base nas exigências nutricionais das cultivares, e o padrão de absorção e concentração de nutrientes foi tomado como referência. Como é o caso da absorção dos macronutrientes na ordem: $K > N > Ca > Mg > S > P$, totalizando a demanda em $kg \cdot ha^{-1}$ de 113N, 128K, 77Ca, 21 Mg, 12 S e 7 de P, sendo o N exportado em 64%, o S em 50%, o P em 47%, o K em 40% e Ca em 33%. No entanto, devido à variabilidade genética e a diversidade de ambientes de produção da cultura do feijão-caupi, abrangendo desde áreas secas e salinas do nordeste até regiões úmidas da região Amazônica, nos diversos sistemas de produção e genótipos, vários padrões de resposta vem sendo apresentados pela cultura. O potencial de fixação de nitrogênio e absorção de fósforo em solos ácidos e em baixa disponibilidade de fósforo é um dos exemplos da variação na utilização e absorção dos nutrientes pelos diferentes genótipos (ANKOMAH et al., 1995; KRASILNIKOFF et al., 2003; SANGINGA et al., 2000).

O artigo tem por objetivo abordar alguns aspectos a respeito da nutrição mineral da cultura do feijão-caupi, com base em resultados de pesquisas disponíveis na literatura nacional e internacional, e principalmente as informações geradas a partir de trabalhos conduzidos nas condições do estado do Pará, com as principais cultivares recomendadas pelo programa nacional de melhoramento, que vêm sendo realizado pela Embrapa. Trata-se basicamente do estudo com as cultivares recomendadas para a região Norte e Nordeste do Brasil, BR2 Bragança, BR3 Tracuateua, BRS Guariba, BRS Gurgueia, BRS Urubuquara e BRS Milênio, e Pretinho com objetivo de avaliar o padrão do acúmulo de matéria seca e nutrientes, ao longo do desenvolvimento e crescimento do feijão-caupi, em condições de campo. O estudo foi realizado em 2006 no campus da Universidade Federal Rural da Amazônia, em Belém-PA, no período de junho a agosto de 2006, num latossolo amarelo de textura arenosa, com os seguintes atributos na camada de 0-20cm: pH_{H_2O} 5,3; 0,9% de saturação de alumínio, 39% de saturação de base; 3% de matéria orgânica; $56 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de K e $125 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de P. O semeio ocorreu no sulco a uma densidade média de 8 plantas por metro linear no espaçamento 0,5m e a adubação de semeio foi de

10kg de N e 20kg de K por hectare na forma de sulfato de amônio e cloreto de potássio. A precipitação pluviométrica total do semeio a até a colheita, 68 dias, foi de 268 mm e a temperatura média, mínima e máxima de foi 27,2°C, 23,6 °C e 32,1°C, respectivamente. Dez plantas consecutivas, num intervalo em sete dias a partir do 18º dia após o semeio até a colheita, foram colhidas, separadas as partes em limbo foliar, haste+ramo+pecíolo+pedúnculo, vagem verde e vagem seca, e colocadas em estufa a 70°C até peso constante. A matéria seca após a pesagem foi e levada para análise nutricional no laboratório da EMBRAPA-CPATU, seguindo a metodologia de Malavolta et al.(1997) para determinação dos teores de macronutriente. Serão a seguir apresentados os dados dos teores e o acúmulo dos nutrientes na matéria seca das diferentes partes das plantas obtido das médias das cultivares com objetivo de caracterizar a nutrição mineral do feijão-caupi ao longo do crescimento e desenvolvimento da cultura.

Acúmulo e Taxa de Incremento da Matéria Seca da Parte Aérea

Os cultivares de feijão-caupi recomendados para a região Norte e Nordeste apresentam ciclo de maturação precoce, variando de 60 a 70 dias (FREIRE FILHO et al., 2005). O acúmulo da matéria seca da parte aérea da plantas varia com o potencial de produção do cultivar, com as condições edafoclimáticas e com o manejo da cultura. O potencial de produção de matéria seca da parte aérea dos cultivares BRS Bragança, BR3 Tracuateua, BRS Guariba, BRS Gurgueia, BRS Urubuquara e BRS Milênio e Pretinho, aos 68 dias após o semeio (DAS) foi, em média, de 6067 kg.ha⁻¹ variando de 4049 kg.ha⁻¹ a 7453 kg.ha⁻¹. Dados de Bastos et al.(2002) revelam para BR 14 Mulato, o acúmulo de massa seca aos 63 DAS em sistema irrigado no Piauí, de aproximadamente 5000 kg.ha⁻¹, dados de simulação do crescimento, com diferença de 204,3 kg.ha⁻¹ para menos do valor observado. Na Nigéria, em Ibadan, o cultivar IfeBrow, aos 70 DAS, o acúmulo de massa seca chegou a 5773 kg.ha⁻¹ (AWONAIKE et al.,1991). Com o manejo da adubação, valores 3727 kg.ha⁻¹ a 6830 kg.ha⁻¹ de matéria seca da parte aérea foram observados por Gassman et al. (1981) para o cultivar – Tvu 745-P3 aos 90 DAS, aumentando a dose de fósforo aplicada ao solo.

O acúmulo e a taxa incremento de matéria seca da parte aérea do feijão-caupi durante o ciclo de desenvolvimento da cultura muda com os estádios fenológicos de desenvolvimento, conforme apresentado na Fig. 1. O acúmulo de matéria seca ao longo do ciclo da cultura é representado por uma curva sigmoideal, podendo ser dividida em cinco períodos. O período I é caracterizado pela fase lenta do crescimento vegetativo, em média 27 kg de matéria seca por hectare por dia, nos primeiros 20 dias após a emergência, resultando em 535 kg.ha⁻¹ aos 25 DAS, 8% da massa seca total da parte aérea. O crescimento vagaroso do período esta relacionado ao estabelecimento do sistema radicular para atender à demanda de água e nutrientes das fases posteriores. Para o feijão-caupi esta fase finaliza com o aparecimento dos ramos que pode ocorrer a partir da terceira folha na haste principal. A partir daí, inicia-se a fase rápida ou logarítmica de crescimento, período II. Os ramos se desenvolvem juntamente com a haste principal emitindo folhas de forma acelerada. Como as cultivares de feijão-caupi são de crescimento indeterminado, o crescimento vegetativo prossegue, mesmo com fechamento das entrelinhas, na floração, até a granação. A taxa absoluta de acúmulo médio no período II foi de 113 kg.ha⁻¹.dia⁻¹, durante 15 dias, resultando em 2063 kg.ha⁻¹, 34%da massa seca da parte aérea total.

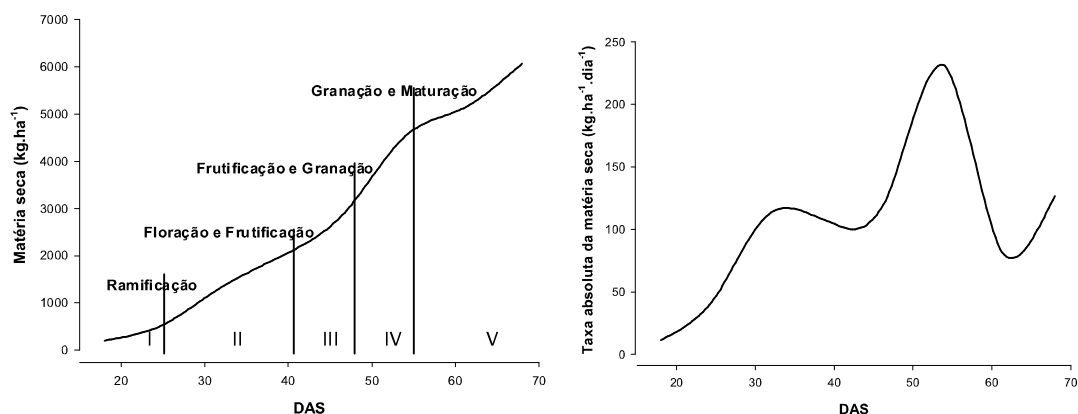


Fig. 1. Acúmulo e taxa absoluta de matéria seca da parte aérea do feijão-caupi durante o ciclo de desenvolvimento da cultura com referência fenológica. Os valores são médias obtidas dos cultivares BR2 Bragança, BR3 Tracuateua, BRS Guariba, BRS Gurgueia, BRS Urubuquara e BRS Milênio e Pretinho. I – fase lenta de crescimento, até o 3º trifólio; II – fase rápida de crescimento, desenvolvimento dos ramos; III – floração e frutificação; IV- frutificação e granação; V – granação e maturação.

A fase reprodutiva, já iniciada com a diferenciação floral e pré floração no período II, é definida no período III com a abertura das flores, a floração plena e o início da frutificação, aos 40 DAS. O desenvolvimento das vagens ocorre aproximadamente 24hs após a antese (OBJEHOMONN, 1968). O crescimento nesse período varia pouco, de 2063 a 2972 kg.ha⁻¹, visto a redução do aumento diário do crescimento de 113 para 104 kg.ha⁻¹.dia⁻¹. Dentre outros fatores, a falta de disponibilidade hídrica ocorrida devido a ausência de chuva dos nove últimos dias do período II, pode ter agravado o abortamento natural de flores e botões florais, e vagens em frutificação. A disponibilidade hídrica no período III, com média diária de 12,2 mm, foi importante para a retomada do crescimento no período III – frutificação e granação, chegando as maiores taxas absolutas, 231 kg.ha⁻¹.dia⁻¹, com acúmulo de 75% da massa seca total da parte aérea, 4589 kg.ha⁻¹. Incrementos rápidos na matéria seca foram observados por Brito (1992), com a cultivar CNCx 284, após a floração chegando ao máximo acúmulo na maturação. Resultados similares foram encontrados por Awonaike et al.(1991), mostrando maior incremento no acúmulo de massa seca em feijão-caupi, cultivar lfeBrow, nos 10 dias entre o enchimento de vagem e o início da maturidade fisiológica. Os valores chegaram a 272,9 kg.ha⁻¹.dia⁻¹, e resultou em mais da metade do acúmulo da massa seca total no período reprodutivo.

O período seguinte, período V, é caracterizado pelo aumento de vagens em maturação e redução de vagens em granação, e pela redução na taxa de crescimento. O período apresentou uma redução na taxa de crescimento, chegando a 126 kg.ha⁻¹.dia⁻¹. Alguns fatores de ordem fisiológica e ambiental podem explicar a redução no aumento do crescimento, como a redução na taxa de crescimento da massa seca de hastes, folhas e ramos em cultivares de crescimento indeterminado, maturação fisiológica dos grãos e abortamento natural das vagens em granação (OBJEHOMONN, 1968). A ausência de chuva nos quatro dias consecutivos da primeira semana do período, pode explicar a drástica redução inicial das taxas chegando a 84 kg.ha⁻¹.dia⁻¹. No final desse período, a maioria das

vagens já estava em maturação de colheita e o acúmulo da matéria seca da parte aérea chegou a 6067 kg.ha⁻¹.

Teor e Acúmulo de Macronutrientes na Matéria Seca da Parte Aérea

O crescimento e desenvolvimento, desde a germinação até a senescência alteram a exigência nutricional das plantas, modificando a absorção e o acúmulo com a mudança fenológica de desenvolvimento (EPSTEIN; BLOOM, 2006). A quantidade de nutrientes exigida pelas culturas para alta produtividade segue a curva de crescimento de acúmulo de matéria seca. Em geral, a exigência nutricional das culturas torna-se mais intensa com o início da fase reprodutiva, sendo mais crítica na época de granação, quando consideráveis quantidades de nutrientes são translocados, pois os nutrientes são essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

O teor de nutrientes nas folhas é geralmente usado para o diagnóstico do estado nutricional das plantas, e para estudos de absorção, transporte e distribuição dos nutrientes nas plantas (MALAVOLTA et al., 1997). Na Fig. 2 são apresentadas as variações das médias dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, em mg.kg⁻¹, encontradas nas folhas do feijão-caupi durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, com base nas cultivares estudadas. Ao longo do crescimento os teores de nitrogênio mantiveram em torno de 40 mg.kg⁻¹ até o período da granação, sofrendo brusca redução para 25 mg.kg⁻¹ aos 47 DAS, porém mantendo-se adequado (Tabela 1). A redução do nitrogênio na floração pode ter sido causada pelo período de ausência de chuva que antecedeu esse estágio. A resposta da fixação simbiótica à seca em leguminosas foi estudada por (SERRAJ et al., 1999) e segundo os autores a fixação simbiótica de nitrogênio no feijão-caupi e na soja é muito mais sensível a seca que outros processos fisiológicos como a transpiração foliar. O metabolismo do feijão-caupi, cultivar IPA205, associado a fixação biológica de nitrogênio foi mais rapidamente reduzido que o potencial hídrico na folha, reduzido abaixo de -0.73 MPa no tratamento com estresse hídrico durante 15 dias (FIGUEIREDO et al., 2007).

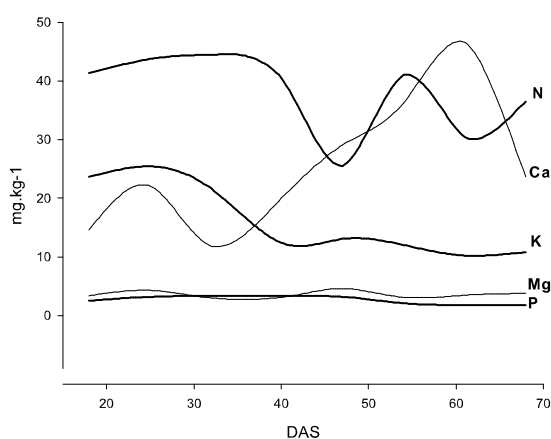


Fig. 2. Teores médios de nutrientes nas folhas do feijão-caupi durante o ciclo de desenvolvimento da cultura.

Tabela 1. Teores foliares adequados e deficientes de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio; e teores na matéria seca das folhas e matéria seca total do feijão-caupi encontrados nos por diversos autores.

Fonte	N	P	K	Ca	Mg
Dantas et al.(1979a) ¹	19,7	1,4	32,0	53,8	6,6
Malavolta et al. (1997) ¹	18-22	1,2-1,5	30-35	50-55	5-8
Dantas et al. (1979a) ²	12,8	0,2	6,4	17,9	1,4
* ³	40,5	3,4	12,4	20,0	3,1
Linhares (2007) ³	39-43	2,6-2,9	14,4-17,8	13,3-16,4	5,2-5,6
Fonseca (2008) ⁴	26,6-32,8	2,4-3,0	9,8-16,79	8,0-12,0	3,7-9,7
Parry et al. (2008) ⁵	16-24	1,2-1,7	27,9-32,5	13,5-18,5	3,6-4,0

*Dados dos autores; ¹Teores foliares adequados e ²teores foliares deficientes para o feijão-caupi; ³teores foliares para feijão-caupi na floração; ⁴teores da matéria seca total da parte aérea na floração, ⁵teores da matéria seca total da parte aérea na maturação.

O fósforo manteve valores elevados na folha, em torno de 3,2 mg.kg⁻¹, até o início da granação reduzindo para 1,8 mg.kg⁻¹ na maturação. O potássio e o magnésio nas folhas também reduziram no período de granação. O aumento da taxa de crescimento dos 25 aos 40DAS pode ter causado o efeito de diluição do potássio, cálcio e magnésio no tecido da planta, reduzindo os teores em diferentes proporções. O potássio sofreu as maiores reduções, 25 mg.kg⁻¹ para 12 mg.kg⁻¹, e manteve níveis de 10 mg.kg⁻¹ até o final do ciclo. O cálcio passou de 21 mg.kg⁻¹ para 11,8 mg.kg⁻¹, aumentando seus teores na prefloração até a maturação. O padrão dos teores de potássio pode ter sido influenciado pelo aumento na absorção de cálcio. É conhecido o efeito interiônico entre cálcio e potássio, onde a absorção do potássio pode ser inibida ou reduzida pela absorção do cálcio devido altas concentrações deste na solução do solo (MALAVOLTA et al., 1997). Fato que somado a textura arenosa dos solos e a concentração da adubação na sementeira pode explicar os baixos níveis de potássio no feijão-caupi nos trabalhos em condições de campo (Tabela1). Os menores teores e acúmulo de potássio foram encontrados por Fonseca (2008), no solo corrigido para 60% de saturação, creditados à maior absorção de cálcio pelo incremento da calagem, inibindo a absorção de potássio, devido à competição entre esses cátions em níveis mais altos de cálcio. Na cultura da soja a relação K:Mg:Ca no solo é bem estudada, podendo ocorrer deficiência ou "fome oculta" de potássio caso a proporção não se mantenha entre 1:3:9 a 1:5:25 (MASCARENHAS et al., 1988).

Considerando os teores foliares adequados de macronutrientes, sugeridos por Dantas et al.(1979) e Malavolta et al (1997), na Tabela 1, os teores foliares de nitrogênio e fósforo (Fig. 2) estão bem acima dos citados pelos autores, quase o dobro para o nitrogênio no início da floração. O mesmo não pode ser considerado para os cátions potássio, cálcio e magnésio que tiveram quase 50% dos teores adequados. Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos. Linhares (2007) observou os teores foliares dos nutrientes em três cultivares de feijão-caupi na floração, BR3 Tracuateua, Sete Vagens e Vinagrinho, submetidos a omissão de nutrientes usando solo Gleissolo das várzeas do rio Pará, textura média. De acordo com os resultados os teores nitrogênio e fósforo também

ficaram altos e próximos dos teores encontrados na Fig. 2. Para os cátions, somente o magnésio esteve dentro da faixa de adequação, ficando os demais abaixo.

Outros estudos, realizado na região Bragantina por Fonseca (2008), com doses de fósforo 0 a 100 kg.ha⁻¹ e duas correções de calagem para 50% e 60% da saturação por bases, também obtiveram teores altos para nitrogênio e fósforo e baixos para os cátions, exceto magnésio na massa seca da parte aérea no período da floração. Parry (2007) testou diferentes épocas de semeadura e duas doses fósforo 50 e 100 kg.ha⁻¹, num Latossolo de textura média, usando a cultivar BR3 Tracueteua. Os teores foliares encontrados no período da colheita estavam dentro da faixa adequada, inclusive o potássio, exceção para o cálcio e magnésio. Nesse estudo o aumento na dose do fósforo proporcionou aumentou as concentrações da maioria dos nutrientes nas plantas, exceto no potássio e enxofre.

As diferenças nos teores foliares macronutrientes na floração (Tabela 1) devem-se, dentre outros fatores, aos atributos do solo, como o nível crítico para fósforo e potássio, e a proporção dos teores dos cátions na solução do solo. É conhecida a importância do fósforo na melhoria do estado nutricional das leguminosas, pois melhora a eficiência da simbiose *Rhizobium* e leguminosa, estimulando a iniciação da formação dos nódulos, aumentando o peso e o número de nódulos, estimulando o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas (ABDEL-WAHAB et al., 1994; LUYNDULA et al., 1994). Produtividades acima de uma tonelada de grãos são relatadas nos resultados deste estudo e de Fonseca (2007), com altos teores de foliares de fósforo e nitrogênio, e baixos teores de cátions, considerando o padrão citado por Malavolta et al. (1997) e Dantas et al. (1979). Diante do exposto, novos padrões para a diagnose foliar do feijão-caupi devem ser estabelecidos de acordo com o ambiente de produção e com uso dos novos cultivares.

Considerando o ciclo da cultura do feijão-caupi, as maiores quantidades de nutrientes extraídas do solo ocorrem nas fases de intenso crescimento vegetativo, entre 23 a 42 DAS e durante o período reprodutivo, a partir de 43 DAS (NEVES et al., 2009). Na Fig. 3, as maiores taxas de absorção ocorrem nos dois períodos de maiores taxas de crescimento em matéria seca no período II, fase rápida de crescimento vegetativo, dos 25 aos 40 DAS com 113 kg.dia⁻¹; e no período IV, granação, 47 a 54 DAS, com 231 kg.dia⁻¹ (Fig. 2).

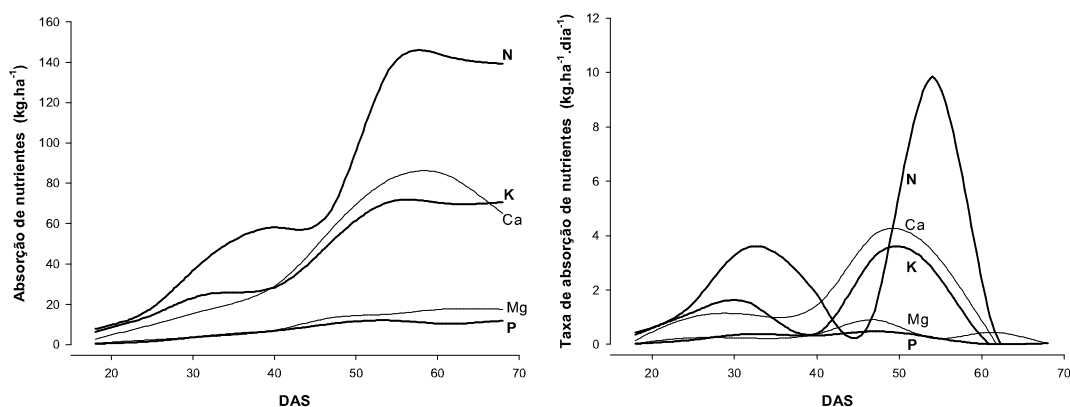


Fig. 3. Acúmulo de macronutrientes e taxa diária de incremento médio de nutrientes absorvidos durante o ciclo de cultivares de feijão-caupi.

De acordo com a Fig. 3, o nitrogênio é macronutriente absorvido em maior quantidade, chegando a valores médios de 140 kg ha⁻¹ aos 68DAS. Apresenta o padrão de acúmulo semelhante ao da matéria seca: baixo incremento e acúmulo da germinação até os 25 DAS, mesmo com altos teores de nitrogênio foliar mantidos até a floração, 40 mg.kg⁻¹; e alto incremento e acúmulo no máximo crescimento vegetativo e reprodutivo, entre 25 e 47 DAS, e 47 e 62 DAS, respectivamente. Nesses períodos, os incrementos respectivos diários de nitrogênio foram de aproximadamente 4 kg.ha⁻¹ e 10 kg ha⁻¹ para um nível de produtividade de grãos secos de 1880 kg ha⁻¹ (Tabela 2), evidenciando a importância da eficiência simbiótica da cultura que desde a fase inicial de crescimento até a maturação correspondeu às exigências da planta.

Em estudo sobre a marcha de absorção de nitrogênio, utilizando a técnica do N marcado (¹⁵N), as quantidades totais de N na parte aérea de feijão-caupi aumentaram acentuadamente no decorrer do tempo, tendo alcançado o máximo aos 76 dias após a sementeira e tendeu a acompanhar a produção de matéria seca. Nesse estudo, o feijão-caupi acumulou 706,32 mg planta⁻¹ de nitrogênio, do qual 93% foi proveniente da fixação biológica, 5,8% advindo do solo e 1,2% do fertilizante aplicado (Brito, 1992).

A boa capacidade noduladora e a eficiência no sistema de fixação de N têm conduzindo a dispensa da adubação nitrogenada no cultivo do feijão-caupi (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2003; RUMJANEK et al., 2005). Até o início da década de 80 alguns autores mencionavam que baixas doses de N beneficiavam a nodulação, fixação e produção de caupi (AGBOOLA, 1978; DART, WILDON, 1970; EZENDINMA, 1964; HUXLEY, 1980; SUMMERFIELD et al., 1977). Apesar dessas indicações, os resultados foram pouco conclusivos a respeito das quantidades de N necessárias para maximizar fixação e nodulação de N₂, já que os estudos foram realizados com pouco aparato técnico. No entanto, Eaglesham et al. (1983) realizaram estudos com N marcado (¹⁵N) em duas variedades de caupi e concluíram que com a aplicação de 30 a 180 mg planta⁻¹ houve efeito sinérgico na fixação de N₂. Embora a adubação nitrogenada promova boas respostas em termos de produção do caupi, tem sido estabelecido por vários autores que essa prática, quando realizada com aplicação em altas quantidades, promove a inibição do processo de fixação simbiótica de N₂ (AGBENIN et al., 1991; ELOWAD et al., 1987; GRAHAM; SCOTT, 1984; MILLER et al., 1982; SUMMERFIELD et al., 1976). O grau de inibição depende da concentração e forma do N adicionado - nitrato, nitrito, amônio e uréia, da época de aplicação, das condições de crescimento da planta, da espécie hospedeira e estirpe de rizóbio utilizado (DART; WILDON, 1970; LIE, 1974; SENARATANE et al., 1987). Por outro lado, alguns autores sugerem que a aplicação de pequena dose inicial de N pode ser muito favorável ao desenvolvimento inicial das plantas hospedeiras, diminuindo o período de deficiência inicial do nutriente que se prolonga até o estabelecimento dos sistemas simbióticos (FRANCO, DOBERREINER, 1968; HUXLEY, 1980; MINCHIN et al., 1981; SUMMERFIELD et al., 1977). No Nordeste brasileiro, a aplicação de pequena dose de N (20 kg ha⁻¹) para o feijão-caupi proporcionou incremento na massa dos nódulos já formados (XAVIER et al., 2008) e confirma a hipótese de Tsai et al. (1993), de que pequenas doses podem estimular tanto o crescimento da planta como aumentar a massa de nódulos produzidos, embora o crescimento dos nódulos seja sensível ao excesso de N. Dessa forma, em época de preços elevados de fertilizantes e

grandes questões ambientais, deve-se ter o bom senso a respeito da possibilidade da aplicação de adubo nitrogenado.

Oliveira e Dantas (1988) relatam que a taxa de absorção do fósforo no feijão-caupi é semelhante à de potássio sendo muito baixa nas duas primeiras semanas e gradualmente crescente até atingir seu ponto máximo na de floração. Ao contrário do que apresentaram os referidos autores, a curva de acúmulo de fósforo e potássio apresentada na Fig. 3 demonstra um padrão diferenciado de absorção entre os nutrientes.

O potássio foi o segundo nutriente absorvido em maior quantidade 73 kg.ha^{-1} . O padrão de acúmulo de potássio acompanhou o padrão de crescimento de matéria seca, antecedendo os períodos de maiores taxas, o primeiro entre 25 a 40 DAS e outro entre 40 a 62 DAS (Fig. 1 e 2). Os picos de maior demanda diária de absorção do nutriente ocorreram aos 32 e 47 DAS (Fig. 2), correspondendo às fases de diferenciação floral e de início da granação, quando o feijão-caupi absorveu, em média, valores $1,5 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ e $3,2 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, com acúmulo de 25 e 70 kg.ha^{-1} , respectivamente. No caupi, o potássio é um dos o nutrientes acumulados em maiores quantidades, contudo, raramente se observam respostas significativas do potássio sobre o seu rendimento, provavelmente porque o valor considerado crítico para o seu desenvolvimento normal é baixo, entre 20 e 40 kg. ha^{-1} , mas o suficiente para provocar altas concentrações desse nutriente no tecido das plantas. Ou então o fornecimento integral de doses altas na semeadura, em solos arenosos, como é comumente usado nos trabalhos. Resultados apresentados por Oliveira et al. (2009), variando doses de K_2O (0, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha^{-1}) em solo com teor de potássio de 61 mg.dm^{-3} , e com fornecimento de 50% na semeadura e 50% aos 40DAS, são positivos no aumento de rendimento do grão. A dose mais econômica de K_2O foi de 141 kg ha^{-1} , com produção de 1870 kg ha^{-1} de grãos secos, o que representa um incremento de 846 kg ha^{-1} de grãos, em relação à ausência de K_2O .

O fósforo foi o nutriente absorvido em menor quantidade pelo feijão-caupi, durante todo o ciclo da cultura. Somente a partir dos 25 DAS, as quantidades de absorvidas do nutriente se elevaram lentamente, até atingir valores máximos acumulados em torno de 12 kg ha^{-1} , permanecendo nesse patamar dos 47 aos 68 DAS (Fig. 3). A maior demanda de fósforo ocorreu próximo aos 47 DAS, quando a taxa diária de absorção foi de $0,49 \text{ kg ha}^{-1}$, época em que a planta encontrava-se no início da fase de formação de vagens. A menor quantidade de P extraída, em relação aos demais macronutrientes, não implica que o fornecimento do nutriente, via adubação fosfatada, seja menos importante. Ao contrário, é o nutriente que promove maiores resposta da cultura, aumentando a produtividade na maioria dos solos brasileiros. Apesar das plantas exigirem menores quantidades de fósforo, do que potássio e nitrogênio, em geral, as recomendações de fósforo, para qualquer cultura, são superiores às daqueles nutrientes, devido ao baixo aproveitamento do fósforo, em decorrência das perdas relacionadas aos processos de adsorção de P pelo solo.

A absorção de cálcio ocorre de forma mais intensa a partir dos 40 até 57 DAS, período de diferenciação floral até maturação, atingindo valor máximo de 84 kg ha^{-1} (Fig. 2). A curva de acúmulo de cálcio do feijão-caupi foi muito semelhante à do potássio, sendo os nutrientes absorvidos em maior quantidade depois do nitrogênio. Nesse estudo, a grande demanda do nutriente aumentou a partir da prefloração chegando ao máximo aos 47 DAS, no início da fase de formação de vagens e frutificação da

cultura, com incremento diário de aproximadamente 4,0 kg ha⁻¹. Essas informações estão em conformidade com os relatos de Rosolem (1987); Haag e Malavolta (1967) para a cultura do feijoeiro, os quais mencionam que todo o cálcio que a planta necessita é absorvido até o final do florescimento (55 DAS), quando a translocação do nutriente para os grãos é muito pequena.

A curva de absorção de magnésio apresenta um comportamento e intensidade muito parecidos aos do fósforo, com lenta elevação das quantidades absorvidas dos 25 aos 47 DAS, permanecendo assim até atingir o máximo acumulado em torno de 17 kg.ha⁻¹, aos 61 DAS. A máxima taxa de incremento diário se apresenta relativamente baixa, da ordem de 0,9 kg ha⁻¹, ocorrendo aos 47 DAS, quando a planta encontra-se na fase final de florescimento (Fig. 3). Roselem (1987) apresenta dados semelhantes para a cultura do feijoeiro, onde a absorção é lenta até os 45 dias de idade da cultura e a taxa de incremento diário de absorção foi de 1,0 kg ha⁻¹, no início do período de formação de vagens.

Extração e Exportação de Macronutrientes

As quantidades de nutrientes extraídos pela cultura e exportados com a colheita dos grãos fornecem estimativas das necessidades nutricionais da planta, servindo de importante ferramenta para calibrar as recomendações de adubação. A extração e exportação de macronutrientes pela cultura do feijão-caupi, obtidos a partir de resultados disponíveis na literatura são apresentados Tabela 2. Os nutrientes extraídos e exportados pelo feijão-caupi apresentam a seguinte ordem decrescente: N > K > Ca > P > Mg > S, relação encontrada por outros autores, Randall et al. (2006), Fonseca (2008), Neves et al. (2009). No entanto, Dantas et al. (1979b) encontraram seqüência similar para os nutrientes extraídos pelo feijão-caupi, porém maior extração de potássio em relação ao nitrogênio e maiores quantidades de cálcio a absorvidas.

Tabela 2. Extração e exportação (kg.ha⁻¹) de macronutrientes no feijão-caupi .

Nutriente	*		Neves et al. (2009)**		Randall et al. (2006)		Dantas et al. (1979b)	
	Extração	Exportação	Extração	Exportação	Extração	Exportação	Extração	Exportação
Nitrogênio	143,1	54,7	106,7		50,0	30,0	113,0	72,3
Fósforo	12,3	5,5	10,3		6,0	3,4	7,2	3,4
Potássio	72,2	17,9	97,3		39,0	10,6	128,0	44,8
Cálcio	66,0	7,2	44,1		9,0	0,7	77,0	10,7
Magnésio	18,0	4,0	-		6,0	1,4	21,0	6,9
Enxofre	-	-	-		9,0	1,8	12,0	6,0
Produção (kg ha ⁻¹)	1881		2416		732			1500

*Dados dos autores ** Quantidades extraídas aos 63 DAS, nos tratamentos que proporcionaram maiores conteúdos dos nutrientes pela cultivar Epace 10;

Os nutrientes extraídos e exportados em maiores quantidades absolutas são o nitrogênio e potássio com valores muito superiores aos demais. Em termos relativos o fósforo é o nutriente mais exportado por ocasião da colheita, 44%, seguindo o nitrogênio, 39% e o potássio, 25% (Fig. 4). Embora as quantidades de cálcio extraídas pelo feijão-caupi sejam altas, apenas 10% do elemento é exportado. Os menores teores nos grãos são devido à baixa mobilidade do Ca na planta, o que tende a acumular na massa seca da parte aérea, translocando pouco para os grãos.

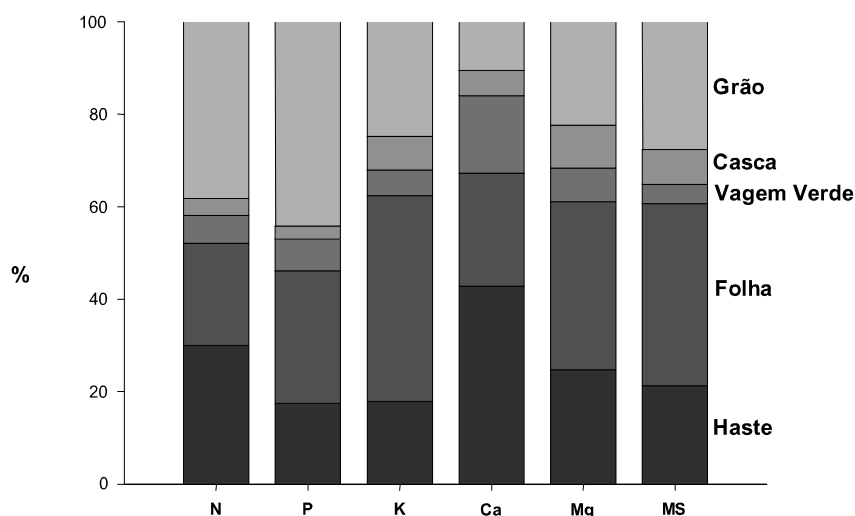


Fig. 4. Partição média de biomassa seca total e de nutrientes de cultivares de feijão-caupi aos 68 dias após a semeadura, por ocasião da fase de maturação de campo no momento da colheita.

Os restos culturais do feijão-caupi constituem-se em importante fonte de nutrientes, que podem retornar ao solo após a incorporação dos restos vegetais, ao final do ciclo da cultura (Fig. 4). Neves et al. (2009) observaram que os nutrientes potássio e cálcio permanecem preferencialmente nas partes vegetativas, apresentando valores superiores a 70%. Na Fig. 4, o cálcio seguido do potássio e magnésio, em 90%, 78%, e 75%, respectivamente permanecem no sistema principalmente nas folhas e haste por ocasião da colheita. Por outro lado, os nutrientes N e P extraídos reciclam em 61% e 56%, respectivamente, acumulando preferencialmente nas hastes e folhas.

Considerando a produção de uma tonelada de grãos de feijão-caupi foram necessários em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, em média, de 76,1 de nitrogênio, 6,5 de fósforo, 38,4 de potássio e 35,1 de cálcio e 9,6 de magnésio. Valores semelhantes aos encontrados por Dantas et al. (1979b) obtidos das cultivares Pitiuba e Dorminhoco para mesma produtividade, no que se refere ao nitrogênio com exigência maior para fósforo e menor para potássio, cálcio e magnésio, visto os conteúdos acumulados médios pelas cultivares em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, de 76 de nitrogênio, 4 de fósforo, 85 de potássio, 50 de cálcio e 13 de magnésio. Mostrando uma melhoria no uso dos nutrientes para produção de grãos com as cultivares atuais com a mesma eficiência na absorção simbiótica de nitrogênio. Comparando as exigências nutricionais do feijão-caupi com o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e com a soja (*Glycine max* (L.) Merrill), verifica-se que o primeiro é tão exigente quanto a soja e mais exigente que o feijão comum, em decorrência das quantidades extraídas de nutrientes para produção de uma tonelada de grãos por hectare. Visto as demandas nutricionais da soja (PAULETTI, 2004) e feijão comum (TUNG; ITAMAR, 1998), em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para produção de uma tonelada de grão, respectivamente, de 79,4 e 32,2 de nitrogênio, 7,3 e 3,7 de fósforo, 32,1 e 18,6 de potássio, 13,1 e 3,2 de cálcio e 7,1 e 3,1 de magnésio. No entanto, em termos absolutos devido ao menor potencial de produtividade, menor ciclo e menores níveis críticos dos

nutrientes no solo, tornam o feijão-caupi menos exigente em nutrientes, fertilidade de solo e quantidades de adubo que as demais culturas.

Referências

- ABDEL-WAHAB, S. M. HASSMAN, M. E.; ELWARRAKY, K. S.; SAFWAT, M. S. A. Evaluation of N₂-fixation of faba bean, chickpea and lentil as affected by phosphorus fertilization. **Afr. Crop Sci. Conf. Proc.**, v.1, p. 71-73, 1994.
- AGBENIN, J.O.; LOMBIN, G.; OWONUBI, J. J. Direct and interactive effect of boron and nitrogen on selected agronomic parameters and nutrient uptake by cowpea (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp.) under glasshouse conditions. **Tropical Agriculture**, v. 68, n. 4, p. 356-362, 1991.
- AGBOOLA, A. A. Influence of soil organic matter on cowpea response to N fertilizer. **Agronomic Journal**, v. 70, p. 25-28, 1978.
- ANKOMAH, A. B.; ZAPATA, F.; DAMS, S. K. A.; AXMANN, H. Cowpea varietal differences in uptake of phosphorus from Gafsa phosphate rock in low-P soil. **Fertilidad Research**, v. 41, p. 219-225, 1995.
- AWONAIKE, K. O.; KUMARASINGHE, K. S.; DANSO, S. K. A. Nitrogen assimilation and distribution in field-grown cowpea at various growth stages. **Soil Science Society American**, v. 55, p. 81-85, 1991.
- BASTOS, A. E.; FOLEGATTI, M. V.; FARIA, R. T. de; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J. Simulation of growth and development of irrigated cowpea in Piauí State by CROPGRO model. Brasília, **Pesquisa Agropecuária**, v. 37, n.10, p.1381-1387, 2002
- BRITO, M. M. P. **Marcha de absorção do nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação simbiótica em feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada usando ¹⁵N**. 1992. 197 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Densidade de plantas de caupi em regime irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 4, p. 399-405, 1997.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588 p.
- CRAVO, M. da S.; CORTELETTI, J.; NOGUEIRA, O. L.; SMYTH, T. J.; BATISTA, M. M. F. Resposta de culturas anuais à adubação fosfatada em latossolo amarelo de áreas degradadas do Nordeste do Pará. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004. Lages: **Resumos...** Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.
- CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. Nível crítico de potássio para o feijão-caupi em latossolo amarelo textura média no nordeste Paraense. In: REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM.
- DANTAS, J.P.; BERGAMIN FILHO, H.; MALAVOLTA, E. Estudo sobre nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinenses* (L.) ENDL.) II Exigência de macro e micronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v. 26, p. 425-433, 1979a.
- DANTAS, J. P.; BERGAMIN FILHO, H.; MALAVOLTA, E. Estudo sobre nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinenses* (L.) ENDL.) II Efeitos das carências de micronutrientes no crescimento, produção e composição mineral. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v. 26, p. 247-257, 1979b.
- DANTAS, J. P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M. M. M.; AMORIM, M. do S.N.; ANDRADE, S. I. de O.; SALES, A. L. de. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 425-430, 2002.

DART, P. J.; WILDON, D.C. Nodulation and nitrogen fixation by *Vigna sinensis* and *Vicia atropurpurea*: The influence of concentration, form and site of application of combined nitrogen. **Australian Journal Agriculture Research**, Melbourne, v. 21, p. 45-56, 1970.

EAGLESHAM, A.R.J.; HASSOUNA, S.; SEEGER, R. Fertilizer-N effects on N₂ fixation by cowpea and soybean. **Agronomy Journal**, v.75, n.1, p.61-66, 1983.

ELOWARD, H. O. A.; HALL, A. E.; JARELL, W. M. Comparisons of ureide and acetylene reduction methods for estimating biological nitrogen fixation by glasshouse-grown cowpea. **Field Crops Research**, v.15, p. 215-227, 1987.

EMBRAPA MEIO-NORTE. **Cultivo de feijão-caupi**. Teresina, 2003. (Embrapa Meio-Norte. Sistema de produção, 2). Versão eletrônica. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/index.htm>>.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**. Princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p

EZEDINMA, F. O. C. Effects of inoculation with local isolates of cowpea Rhizobium and application of nitrate-nitrogen on the development of cowpea. **Tropical Agriculture**, v. 41, p. 243-249, 1964.

FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; MARTÍNEZ, C. R.; CHANWAY, C. P. Drought stress response on some key enzymes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) nodule metabolism. **World Journal Microbiologi Biotechnologi**, v. 23, p.187-193, 2007.

FONSECA, M. R. **Nutrição mineral e produção do feijão caupi em função do fósforo e da saturação por bases, em latossolo amarelo**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA.

FRANCO, A. A.; DOBEREINER, J. Interferência do cálcio e nitrogênio na fixação simbiótica de N por duas variedades de *Phaseolus vulgaris* L. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronômica, v. 3, p. 223-227, 1968.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Org.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 519 p

GASSMAN, K. G.; WHITNEY, A. S.; FOX, R. L. Phosphorus requirements of soybean and cowpea as affected by mode of N nutrition. **Agronomy Journal**, v. 73, p.17-22, 1981.

GRAHAM, R. A.; SCOTT, T. W. Response of cowpea (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp.) to nitrogen and inoculation in Trinidad. **Tropical Agriculture**, v. 61, n. 1, p. 56-58, 1984.

GRANGEIRO, T. B.; CASTELLÓN, R. E. R.; ARAÚJO, F. M. M. C. de; SILVA, S. M. de S. e; FREIRE, É. de A.; CAJAZEIRAS, J. B.; ANDRADE NETO, M.; GRANGEIRO, M. B.; CAVADA, B. S. Composição bioquímica da semente. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. p. 337-365.

HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 26, n. 30, p. 380-391, set. 1967.

HUXLEY, P. A. Nitrogen nutrition of cowpea (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp.) IV. Uptake and distribution of a single dose of early applied nitrogen. **Tropical Agriculture**, v. 57, p.193-202, 1980.

KRASILNIKOFF, G.; GAHOONIA, T.; NIELSEN, N. E. Variation in phosphorus uptake efficiency by genotypes of cowpea (*Vigna unguiculata*) due to differences in root and root hair length and induced rhizosphere processes. **Plant and Soil**, v. 251, p. 83-91, 2003.

LIE, T. A. Environmental effects on nodulation and symbiotic nitrogen fixation. In: QUISPÉL, A. (Ed.). The biology of nitrogen fixation. Amsterdam, North Holland, 1974. v. 33, p.555-582,

LINHARES, C. F. L. **Comportamento de três cultivares de caupi, submetidos à omissão de nutrientes, cultivados em amostras de Gleissolo de várzea do rio Pará.** 2007. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA.

LYINDULA, N.; KABINDA, P. P.; MBAYA, N.; NWANGE, K.; BABELA, N. Effect of soilbradyrhizobium populations on nodulation and growth of *Glycine max* (L.) Merrill. **Afr. Crop Sci. Conf Proc.**, v.1, p. 68-70, 1994.

MASCARENHAS, H. A.; BULISANI, E. A.; MIRANDA, M. A. C.; BRAGA, N. R.; PEREIRA, J. C. V. N. A. Deficiência de potássio em soja no estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **O Agrônomo**, Campinas, v. 40, n.1, p. 34-43, 1988.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas, princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MILLER JÚNIOR, J.C.; SCOTT, J. S.; ZARY, K.W.; O'HAIR, S.K.T. Influence of available nitrate levels on nitrogen fixation in three cultivars of cowpea. **Agronomy Journal**, v. 74, p. 14-18, 1982.

MINCHIN, F. R.; SUMMERFIELD, R.J.; NEVES, M.C.P. Nitrogen nutrition of cowpea (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp.). Effects of timing of inorganic nitrogen applications on nodulation, plant growth and seed yield. **Tropical Agriculture**, v. 58, p.1-12, 1981.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; FERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, maio/jun. 2009.

OBJEHOMONN, O. O. Flowering, fruit production and abscission in cowpea, *Vigna unguiculata* (L.)Walp. **Journal of West African Science Association**, v. 13, n. 2, p. 227-234, 1968.

OLIVEIRA, I. P.; DANTAS, J. P. Nutrição mineral do caupi. In: ARAÚJO, P. P. A.; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil.** Brasília, DF: IITA; Embrapa, 1988. p. 405-430.

OLIVEIRA, P. A.; SILVA, J. A. da; LOPES, E. L.; SILVA, E. E.; ARAÚJO, L. H. A.; RIBEIRO, V. V. Rendimento produtivo e econômico do feijão-caupi em função de dose de potássio. Lavras, **Ciência Agrotécnica**, v. 33, n. 2, p. 629-634, 2009.

PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações.** 2. ed. Castro: [s.n], 2004.

PARRY, M. M.; KATO, M. S. A.; CARVALHO, J. G. Macronutrientes em caupi cultivado sob duas doses de fósforo em diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrária e Ambiental.** Campo Grande, v.12, n. 3, p. 236-242, 2008.

RANDALL, P. J.; ABAIDOO, R.C.; HOCKING, P.J. ; SANGINGA, N. Mineral nutrient uptake and removal by cowpea, soyben and maize cultivars in west Africa, and implications for carbon cycle effects on soil acidification. **Experimental Agricultural**, Cambridge, v. 42, p. 475-494, 2006.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 93 p. (Boletim Técnico, 8).

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER,G.R; NEVES,M. C. P. Fixação biológica do nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q.(Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos,** Brasília, DF: Embrapa, 2005. p. 281-335.

SANGINGA, N., LYASSE, O., SINGH, B. B. Phosphorus use efficiency and nitrogen balance of cowpea breeding lines in a low P soil of the derived savanna zone in West Africa. **Plant and Soil**, v. 220, p.119–128, 2000.

SENARATANE, R.; AMORNPIMOL, C.; HARDARSON, G. Effect of combined nitrogen on nitrogen fixation of soybean as affected by cultivar and rhizobial strain. **Plant and Soil**, v.103, p. 45-50, 1987.

SERRAJ, J. R.; SINCLAIR, T. R.; PURCELL, L. C. Symbiotic N₂ fixation response to drought. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, p. 143-155, 1999

SUMMERFIELD, R.J.; DART, P.J.; HUXLE, P.A.; EAGLESHAM, A.R.J.; MINCHIN, F.R.; DAY, J.M. Nitrogen nutrition of cowpea (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp.) I. Effect of applied nitrogen and symbiotic nitrogen fixation on growth and seed yield. **Experimental Agriculture**, v.13, p.129-42, 1977.

SUMMERFIELD, R.J.; HUXLEY, P.A.; DART, P.J.; HUGHES, A.P. Some effects of environmental stress on seed yield of cowpea (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp.) cv. Prima. **Plant and Soil**, v. 44, p. 527-546, 1976.

TSAI, S. M. R. BONETTI; AGBALA, S. M.; ROSSETTO, R. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, v.152, p.131-138, Mar. 1993.

THUNG, M. D. T.; OLIVEIRA, I. P. **Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 1998. 172 p.

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F. de; SANTOS, V. B. dos; CAMPOS, F. L. Influência da inoculação e da adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, v. 38, n.7, out. 2008.