

Ecofisiologia do amendoim

JAYME FERRARI NETO¹; CLAUDIO HIDEO MARTINS DA COSTA^{1*}; GUSTAVO SPADOTTI AMARAL CASTRO¹

¹Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, *Campus* de Botucatu, Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, Caixa Postal 237, CEP 18603-970, Botucatu, SP. E-mail: jfneto@fca.unesp.br; chmcosta@fca.unesp.br; gsacastro@fca.unesp.br. *Autor para correspondência.

RESUMO

O amendoim é a quarta oleaginosa mais produzida no mundo. É cultivada em regiões tropicais na ampla faixa de latitude compreendida entre 30° N e S e em países temperados como nos Estados Unidos, onde há elevado nível tecnológico. As necessidades climáticas variam em função da fase de desenvolvimento da cultura. As plantas apresentam hábito indeterminado de crescimento, ocorrendo concomitantemente o desenvolvimento vegetativo e o reprodutivo. A partir do florescimento, a demanda nutricional e por condições ambientais favoráveis é elevada, pois muitos eventos estão ocorrendo na planta, tais como: produção de folhas, flores, raízes e ginóforos, penetração dos ginóforos no solo e desenvolvimento das vagens. Deve-se buscar atender às necessidades, tanto as climáticas quanto as nutricionais, durante o ciclo da cultura. Contudo, a partir do início florescimento, a cultura do amendoim apresenta elevada demanda nutricional e, para alcançar elevadas produtividades, é necessário que as condições ambientais, o fornecimento de nutrientes e o manejo sejam adequados. Temperaturas diurnas de 35°C e noturnas de 25°C são as ideais nesse período, assim como a exigência hídrica, que é máxima nas fases de florescimento e frutificação. A planta não sofre influência do fotoperíodo e a luz não é fator limitante. Um dos fatores primordiais para que as necessidades climáticas da planta sejam atendidas durante o ciclo é a época de semeadura.

Palavras-chave: temperatura, exigência hídrica, fotoperíodo, luz, *Arachis hypogaea* L.

ABSTRACT

Ecophysiology of peanut

Peanut is the fourth major oilseed crop in the world. It is grown in tropical regions in the wide range of latitude between 30 ° N and S, and in temperate countries like the United States, with high technological level. Climatic requirements vary depending on the stage of crop development. Plants have indeterminate growth habit, with vegetative and reproductive development occurring simultaneously. At the time of flowering, there is a high demand for favorable nutritional and environmental conditions, since many events are occurring in the plant, such as: production of leaves, flowers, roots and gynophores, penetration of gynophores into the soil and development of pods. The climatic and nutritional needs must be met during this cycle. However, from the beginning of the flowering, the peanut crop has high nutrient demand and, to have high yields, it is necessary that environmental conditions, nutrient supply and management are adequate. Diurnal temperature of 35°C and night temperature of 25°C are ideal in this period, as well as the water requirement, which is maximized in the stages of flowering and fruiting. The plant is not influenced by photoperiod and light is not a limiting factor. One of the primary factors for meeting the climatic requirements of the plants is the time of sowing.

Keywords: temperature, water requirement, photoperiod, light, *Arachis hypogaea* L.

INTRODUÇÃO

A cultura do amendoim é a quarta oleaginosa mais cultivada no mundo, é plantada em larga escala nos continentes americanos, africano e asiático. O plantio é realizado visando à produção de grãos, óleo, farelo entre outros.

Até o início da década de 70, o Brasil foi importante produtor de amendoim, sendo os Estados de São Paulo e Paraná os principais produtores, responsáveis por 90% da produção nacional. A produção era destinada a fornecer farelo para a alimentação animal e óleo vegetal utilizado para consumo direto, como também para a fabricação de produtos industrializados como margarinas. Nesta mesma década, diversos fatores político-econômicos facilitaram a expansão da soja, e alteraram o perfil da produção e consumo do amendoim no Brasil (DE FREITAS *et al.*, 2005).

Além da política agrícola brasileira ter favorecido o cultivo da soja, os custos de produção, o baixo rendimento por área e a suscetibilidade às variações climáticas na cultura do amendoim, as quais interferem de maneira negativa na qualidade dos grãos, também contribuíram para desestimular os produtores de amendoim (MARTINS, 2006). O principal problema que afeta a qualidade dos grãos é a contaminação por aflatoxina, ocasionada pelo excesso de umidade nos grãos, devido a chuvas na época da colheita ocorrida principalmente no amendoim da safra das águas. Com isso, da década de 70 até a década de 90, houve forte redução na área plantada e produção do Brasil.

Atualmente, o maior Estado produtor e que possui a maior área de produção de amendoim no Brasil é o Estado de São Paulo. O cultivo do amendoim está em expansão neste Estado, dentre vários fatores, devido à possibilidade de semeadura direta em áreas de renovação de canavial colhido sem queima prévia, na Região de Ribeirão Preto, e de reforma de pastagens no Oeste do Estado. A área de produção de amendoim no Brasil na safra 2011/12 foi de 83.100 hectares para uma produção de 223.000 toneladas, sendo a área e produção do Estado de São Paulo, neste mesmo período, respectivamente 57.100 hectares e 175.700 toneladas (AGRIANUAL, 2012). A Região Sudeste apresenta a maior produção nacional de amendoim, seguida pelas regiões Centro-Oeste e Nordeste, sendo o Estado de São Paulo responsável por cerca de 77% da área cultivada, na maioria das vezes como cultura de sucessão na renovação de canaviais, basicamente praticada por agricultores arrendatários (BOLONHEZI *et al.*, 2005).

1. Efeitos dos fatores ecológicos

1.1. Temperatura

A temperatura nas regiões tropicais geralmente encontra-se próxima as exigências da cultura, com pequenas variações durante o ano. Contudo, nas regiões de elevadas altitudes a temperatura é o fator climático de maior importância. A temperatura atua basicamente sobre a velocidade de crescimento e duração das fases do estágio vegetativo. Temperaturas de 32 °C a 34 °C são ótimas e proporcionam alta velocidade e porcentagem de germinação. Em condições ótimas o amendoim germina em aproximadamente 4 a 5 dias. Temperaturas abaixo de 18 °C reduzem o poder germinativo das sementes (NOGUEIRA & TÁVORA, 2005).

As temperaturas ótimas para o crescimento vegetativo do amendoim situam-se entre 25 °C a 35 °C (NOGUEIRA & TÁVORA, 2005). Temperaturas abaixo do ótimo prolongam o estágio vegetativo o que acarreta em maiores gastos com tratamentos culturais devido ao alongamento do ciclo da cultura. Temperaturas noturnas de 25 °C e diurnas de 35 °C aumentam a translocação de N, P, K e carboidratos para os frutos, reduzem a respiração, aumentam a taxa fotossintética, promovem maior acúmulo de carboidratos e a senescência das folhas será mais lenta. Por outro lado, diferenças acima de 20 °C entre as temperaturas diurnas e noturnas reduzem drasticamente a formação de flores (ARMANDO JÚNIOR, 1990). A baixa temperatura noturna tem sido considerada o principal fator climático responsável pela insuficiente formação de vagens (CATO *et al.*, 2008).

No entanto, temperaturas acima de 35 °C podem reduzir drasticamente o número de vagens por planta, conforme verificou Vara Prasad (1999) que o aumento da temperatura de 28 °C para 38 °C fez com que diminuísse este número de 60 para 33, devido à diminuição da porcentagem de flores que formaram ginóforos, embora não haja interferência da temperatura em oscilação na assimilação líquida de CO₂, conforme verificado por Erismann *et al.* (2006), os quais notaram que a taxa de assimilação de CO₂ não foi afetada por temperaturas foliares situadas entre 23 e 36 °C.

1.2. Disponibilidade hídrica

A cultura do amendoim é considerada relativamente tolerante à seca, devido ao seu sistema radicular profundo que permite explorar volume de solo das camadas mais profundas as quais possuem maior disponibilidade de água. As necessidades hídricas variam de 450 a 700 mm durante o ciclo. A máxima exigência hídrica ocorre durante o florescimento e frutificação. A falta de água no início do desenvolvimento faz com que ocorram problemas como atraso e irregularidades na germinação (CATO *et al.*, 2008).

É de suma importância que as exigências hídricas, bem como as nutricionais, a partir do início do florescimento sejam atendidas, pois a partir deste período, muitos eventos começam a ocorrer na planta como: produção de folhas, flores, raízes, ginóforos, penetração dos ginóforos no solo e o desenvolvimento das vagens.

O déficit hídrico no período vegetativo resulta em alongamento do ciclo da cultura, e isto faz com que o produtor tenha maiores gastos com os tratamentos culturais. Se a falta de água ocorrer no florescimento, haverá queda de flores e murchamento de ginóforos, afetando diretamente a produção. Na frutificação a deficiência hídrica resulta em formação de grãos com menor peso específico, ou até mesmo o não preenchimento dos grãos, diminuindo a produção.

Chuvas na época da colheita depreciam o produto final devido à ocorrência de aflatoxina, toxina produzida pelo fungo *Aspergillus flavus*. A umidade na colheita também pode provocar a germinação dos grãos no interior das vagens, nos cultivares nacionais que apresentam pouca dormência. Além destes, a umidade na colheita acarreta em gastos, devido à necessidade de secagem dos grãos.

A cultura do amendoim possui rápida capacidade de recuperação, sendo que 24 horas após a irrigação as folhas restabelecem a turgescência foliar e a atividade estomática (PALLAS *et al.*, 1979; TÁVORA & MELO, 1991), porém, esta característica é governada geneticamente, ocorrendo diferenças entre materiais. Um dos resultados obtidos por Nogueira & Dos Santos (2000), foi que plantas irrigadas após 60 dias de estresse hídrico recuperaram a turgescência foliar e a atividade estomática em 48 horas. Dentre as cultivares estudadas por Nogueira & Dos Santos (2000) a BR1 é a que mantém resistência estomática menor, apresenta os menores valores de potencial hídrico foliar, que leva a crer que seja a variedade mais adaptada à região Nordeste. Graciano (2009) verificou que a cultivar BR1 apresentou maior acúmulo de solutos orgânicos osmoticamente ativos, maior redução do potencial hídrico foliar e sofreu menores alterações no crescimento quando comparada com a cultivar BRS Havana.

A ocorrência de déficit hídrico nas fases de crescimento e desenvolvimento dos ginóforos e das vagens na cultura resulta em decréscimo na produção, primariamente pela redução do número de vagens, antes mesmo que pela massa das vagens e sementes (BOOTE *et al.*, 1976; PALLAS *et al.*, 1979).

O déficit hídrico pode afetar negativamente o conjunto das funções fisiológicas da planta, como a fotossíntese, respiração e outras reações metabólicas, que podem repercutir diretamente nas variações anatômicas (estômatos), no crescimento, na reprodução e no desenvolvimento das plantas, de modo geral, particularmente nos frutos e sementes e, conseqüentemente, na produtividade (SILVA & BELTRÃO, 2000).

Erismann *et al.* (2006) notaram que a diferença de pressão de vapor entre a folha e o ar acima de 3 KPA, causou fechamento parcial dos estômatos, diminuindo a taxa de assimilação líquida de CO₂.

Desa *et al.* (1984), comparando as produções de amendoim em função das lâminas de irrigação (440, 520, 680 e 840 mm) verificaram que as maiores produtividades foram alcançadas com as lâminas de 680 e 520 mm, respectivamente, concluindo que tanto o excesso quanto a deficiência de água reduzem a produtividade.

Para cada ambiente, englobando as características edafoclimáticas, há necessidade de estudo específico, para a definição da quantidade e da distribuição de água na cultura. Neste sentido Silva & Beltrão (2000), em estudo no município de Rodelas – BA em um solo arenoso, subordem Regossolo, onde comumente cultiva-se o amendoim com irrigação, mas sem o controle da mesma, e com baixos níveis de produtividade, avaliaram os efeitos conjuntos de lâminas de irrigação e intervalos de rega na cultura do amendoim. Os autores concluíram que a lâmina total de irrigação adequada é de 700 mm e com intervalos de irrigação de quatro dias. Dessa forma, com esta lâmina e intervalo de irrigação foram obtidas as maiores taxa de crescimento da cultura, conseqüentemente maior produção de vagens e grãos.

Algumas adaptações morfológicas e fisiológicas como a distribuição do sistema radicular, encarquilhamento das folhas, redução da área foliar e a regulação da transpiração, proporcionam às plantas maior tolerância à seca (JOSHI *et al.*, 1988; SUBBARAO *et al.*, 1995; BLUM, 1998).

Como conseqüência do decréscimo da disponibilidade de água, os estômatos fecham minimizando a perda de água pela abertura estomática e nesta condição a maior perda de água ocorre por transpiração cuticular (SAMDUR *et al.*, 2003), a qual apresenta alta resistência a transpiração, devido a presença de ceras epicuticulares, minimizando sua ocorrência (JEFFERSON *et al.*, 1989; PREMCHANDRA *et al.*, 1992). Vakharia *et al.* (1997) observaram aumento da cera epicuticular das folhas de amendoim enquanto a umidade da folha diminuiu. Samdur *et al.* (2003) relataram haver diferenças entre genótipos com relação a quantidade de cera epicuticular das folhas de amendoim e que há aumento desta quantidade de cera com o aumento da idade das plantas sendo mais acentuado quando as plantas são submetidas ao déficit hídrico.

Graciano (2009), estudando parâmetros fisiológicos e bioquímicos de cultivares de amendoim submetidos à deficiência hídrica, relatou que os teores de carboidratos solúveis, aminoácidos livres e prolina livre aumentam com a deficiência hídrica nas folhas e raízes das cultivares, que o potencial hídrico foliar é reduzido e o crescimento das cultivares reduz proporcionalmente com a disponibilidade hídrica.

1.3. Luminosidade e fotoperiodismo

A cultura do amendoim é considerada como planta neutra, ou seja, não há efeito do fotoperíodo nas plantas. Em condições de campo a luz não é um fator limitante para a fotossíntese, porém para que se tenha o desenvolvimento normal dos frutos faz-se necessário a ausência de luz na extremidade dos ginóforos, sendo a frutificação subterrânea (NOGUEIRA & TÁVORA, 2005).

Erismann *et al.* (2006), em estudo da capacidade fotossintética de genótipos de amendoim em ambientes natural e controlado, observaram que a resposta da taxa de assimilação líquida de CO₂ em decorrência da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos foi melhor em condição controlada, mas em ambas as condições, a máxima taxa de assimilação de CO₂ de 28 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foi atingida; em condição controlada a saturação lumínica ocorreu próximo a 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ao passo que sob condição natural, a saturação lumínica, ocorreu em valores de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos maiores.

2. Solos e nutrição

A cultura desenvolve-se bem em solos de textura arenosa, geralmente, estes solos possuem boa drenagem e aeração, favorecendo o desenvolvimento das raízes e frutos, como também o suprimento de nitrogênio para a fixação simbiótica, por outro lado, a baixa aeração favorece o desenvolvimento de organismos patogênicos. Como desvantagem, os solos arenosos apresentam baixa capacidade de reter água podendo ocorrer reduções de produtividade em função de veranicos, menor fertilidade, devido à baixa capacidade de troca catiônica, e muitas vezes necessitam da correção da acidez por meio da aplicação de calcário, assim como freqüentes aplicações de fertilizantes. O produto final colhido nos solos arenosos possui qualidade superior, pois nos solos argilosos grande parte das vagens colhidas apresentam coloração mais escura, devido a partículas de argila que ficam aderidas ao fruto (NOGUEIRA & TÁVORA, 2005). Já os solos de textura argilosa, em geral, são mais férteis que os solos arenosos, porém se não estiverem bem estruturados, apresentam problemas de aeração, drenagem, por conseqüência da compactação e isto dificulta a penetração dos ginóforos e o crescimento dos frutos. Outro problema é a maior dificuldade de colheita em solos mal estruturados, onde podem ocorrer maiores perdas de vagens.

Solos de textura argilosa, do ponto de vista da nutrição mineral são de manejo mais fácil quando se pretende praticar uma agricultura moderna (NOGUEIRA & TÁVORA, 2005). São solos mais coesos, menos erodidos, possuem maior capacidade em reter umidade, e nestes solos, quando se realiza semeadura direta do amendoim e pratica-se rotação de culturas, podem ter sua estrutura melhorada com relação à aeração, drenagem e disponibilidade de nutrientes.

Crusciol & Soratto (2007) relataram que nenhuma das plantas de cobertura estudadas (milheto, braquiária e panicum), bem como o manejo mecânico da palhada influenciaram na nutrição e produtividade do amendoim no sistema plantio direto.

O pH considerado ótimo para a cultura situa-se entre 6 e 6,5 (SANTOS *et al.*, 1996). É importante manter o pH do solo dentro da faixa ótima de cultivo para que não ocorram deficiências nutricionais, tais como: cálcio, molibdênio e fósforo.

A absorção de nutrientes se dá, principalmente pelas raízes, ginóforos e por frutos em desenvolvimento. Há freqüentes respostas com relação à aplicação de fósforo, potássio e cálcio. Com relação ao nitrogênio os resultados dos estudos são contraditórios, havendo respostas à aplicação em alguns estudos e em outros não (NOGUEIRA & TÁVORA, 2005).

O nitrogênio é o elemento mais absorvido pelas plantas, faz parte da clorofila, sendo fundamental no processo fotossintético e está presente nos aminoácidos que atuam na síntese de proteínas estruturais e funcionais.

O teor de nitrogênio nas folhas na terceira semana após o plantio é de aproximadamente 5% sendo que no final do ciclo o teor chega próximo a 2% (NOGUEIRA & TÁVORA, 2005). Aproximadamente, 80% do nitrogênio que é translocado para os grãos são absorvidos nos estádios finais do desenvolvimento da planta.

A prática de inoculação com microorganismos fixadores de N₂ no amendoim não é muito comum, uma vez que este já possui boa capacidade de nodulação devido a suas raízes serem colonizadas por uma ampla faixa de rizóbios tropicais (THIES *et al.*, 1991).

Segundo SANTOS *et al.* (2005), alguns fatores podem determinar a necessidade de inoculação do amendoim em regiões tropicais, tais como a reduzida população de rizóbio nativo, principalmente em áreas submetidas a temperaturas elevadas ou à baixa umidade do solo, ou áreas sem histórico de cultivo anterior com leguminosas.

Assim, os autores supracitados verificaram que a quantidade e a massa de nódulos foram muito dependentes dos isolados nativos, do genótipo e do tipo de cobertura do solo. Além disso, a efetividade dos rizóbios foi influenciada pelo tipo de cobertura do solo, com maior nodulação quando se utilizou rizóbios nativos, refletindo no aumento do nitrogênio total acumulado e no rendimento de matéria seca de parte aérea.

Por outro lado, GIARDINI *et al.* (1985), constataram que a inoculação com rizóbio específico não alterou a quantidade de nódulos nas raízes, independentemente da aplicação de nitrogênio. Assim, verifica-se que na literatura nacional são escassos os trabalhos que relatam resultados positivos quanto à produtividade do amendoim decorrente da inoculação com microorganismos fixadores de nitrogênio.

O fósforo está presente no DNA e RNA responsáveis pelo código genético, transmissão genética, síntese de enzimas, faz parte das moléculas de ADP/ATP. A máxima disponibilidade de fósforo é encontrada com o pH em torno de 6,5 (NOGUEIRA & TÁVORA, 2005). O nutriente deve ser aplicado próximo dos ginóforos. A planta é exigente em fósforo até o fim da maturação sendo que a maior parte do fósforo absorvido irá para as sementes.

Kasai *et al.* (1998) verificaram que a produção de óleo e proteína nos grãos do amendoim não foram alteradas pela adubação fosfatada.

O potássio é o segundo elemento mais absorvido pela planta. Atua como regulador ou catalisador de vários processos enzimáticos, pode ser transferido das partes mais velhas da parte aérea para as mais novas. Tal como para o nitrogênio, podem aparecer sintomas de deficiências momentâneas na fase de florescimento e penetração dos ginóforos, quando as necessidades nutricionais são maiores e a velocidade de absorção aumenta (TASSO JÚNIOR *et al.*, 2004).

O cálcio é importante para o desenvolvimento do sistema radicular e está diretamente relacionado na quantidade e qualidade dos frutos. Durante a frutificação, as necessidades de cálcio são altas, e este elemento é absorvido pelas raízes, ginóforos e cascas dos frutos em formação, as quais são formadas por pectatos de cálcio. A deficiência de cálcio no solo diminui o índice de fertilidade das flores, reduz o número de ginóforos formados e forma vagens chochas (TASSO JÚNIOR *et al.*, 2004).

É grande a necessidade de cálcio na zona de desenvolvimento dos frutos (WALKER, 1975), sendo o terceiro nutriente mais absorvido pela cultura, precedido apenas pelo N e K (RODRIGUES FILHO *et al.*, 1986).

No amendoim, a gessagem se constitui em uma importante fonte de cálcio rapidamente disponível (WALKER, 1975).

O gesso agrícola é também fonte de enxofre, inibidor da atividade do alumínio tóxico permitindo o maior desenvolvimento radicular, resultando em maior resistência a veranicos e maior aproveitamento dos nutrientes do solo e dos fertilizantes aplicados (VITTI *et al.*, 1986). A eficiência do gesso é maior quando realizada em cobertura, no início do florescimento, que além de satisfazer com maior frequência as necessidades da planta de amendoim quanto ao cálcio, ficam livres da competição que se estabelece entre cálcio e o potássio (WALKER, 1975; QUAGGIO *et al.*, 1982; SICHMANN *et al.*, 1982).

Farinelli & Loboda (2005), estudando o efeito da aplicação de gesso agrícola na cultura do amendoim, concluíram que o fornecimento de gesso agrícola em cobertura, no início do florescimento, em área previamente calcariada e com alto teor de cálcio no solo influenciou positivamente no número de vagens planta⁻¹, massa de 100 grãos, rendimento e produtividade de vagens do amendoim. Os maiores valores para as características agrônômicas foram estabelecidas com aplicação de 200 a 300 kg ha⁻¹ de gesso em cobertura. A qualidade fisiológica de sementes também foi afetada positivamente com a aplicação de gesso, com relação à porcentagem de germinação.

Outra fonte de cálcio para as plantas é o calcário, que é aplicado visando neutralização do alumínio e do manganês, e aumenta a disponibilidade do nutriente na zona de frutificação da planta no solo, refletindo na espessura do tegumento das sementes que atua como uma barreira na penetração de fungos e a perda de água (PEREIRA, 2006).

Segundo Bekker *et al.* (1994) a aplicação de 555 kg ha⁻¹ de calcário em um solo que apresentava baixos níveis de cálcio trocável, aumentou a produção na ordem de seis vezes, e isto foi associado com a redução da toxicidade de manganês, mas não por causa do decréscimo da

solubilidade do manganês e sim pelo aumento da disponibilidade de cálcio, havendo antagonismo entre cálcio e manganês.

A resposta do amendoim da seca ao Ca é baixa em solos com elevado teor de Ca e saturação por bases média, principalmente, quando há déficit hídrico (CRUSCIOL *et al.*, 2000).

O magnésio integra a molécula de clorofila e também tem a função de ativador enzimático. A maior parte do magnésio absorvido é encontrado nas hastes TASSO JÚNIOR *et al.*, 2004).

A deficiência de magnésio interfere na movimentação do fósforo, da parte vegetativa para as sementes (CAMARA *et al.*, 1982).

O enxofre é o macronutriente absorvido em menor quantidade pelas plantas de amendoim, faz parte da composição de aminoácidos sulfurados. Sua maior concentração está nos frutos, hastes e folhas respectivamente. As principais fontes de enxofre são: sulfato de amônia, sulfato de potássio, superfosfato simples e o gesso agrícola (TASSO JÚNIOR *et al.*, 2004).

Dentre os micronutrientes, molibdênio, boro, ferro, cobre, zinco e cobalto possuem grande importância para a cultura do amendoim.

Nas raízes das plantas fixadoras de N, o Mo se encontra quase todo na enzima nitrato redutase e na nitrogenase dos bacteróides nodulares (DECHEN & NACHTIGALL, 2006). Nessas plantas, a exigência em Mo, da nitrogenase é bem maior do que a da nitrato redutase (BINNECK *et al.*, 1999). Assim, na deficiência de Mo a fixação biológica é seriamente afetada (MARSCHNER, 1986).

Segundo LOPES (1991) as principais causas de deficiência de micronutrientes nos solos brasileiros são a baixa reserva de minerais intemperizáveis, o aumento da produtividade das culturas, devido ao intenso uso de técnicas agrícolas modernas, que faz com que ocorra um aumento da retirada de micronutrientes dos solos, sem que se realize a reposição dos mesmos, o cultivo de plantas altamente produtivas, que demandam maiores quantidades de micronutrientes, a degradação química, física e biológica devido ao uso inadequado dos solos.

Devido à baixa concentração de Mo nos solos e a utilização sem a devida reposição, tem-se tornado comum a deficiência em cultivos agrícolas, principalmente em solos bastante intemperizados de regiões tropicais (SFREDO *et al.*, 1997; KUBOTA *et al.*, 2008). Essas deficiências minerais, muitas vezes, são corrigidas com pulverizações foliares, enquanto, aplicações de nutrientes via solo nem sempre dão resultados satisfatórios (FERNANDES, 2008).

O teor médio de Mo na litosfera é de 2,3 mg kg⁻¹ (DECHEN & NACHTIGALL, 2006). Esse micronutriente pode estar solúvel na solução do solo, adsorvido a minerais de argila como ânion MoO₄²⁻, retido no interior da estrutura dos minerais primários e secundários e, adsorvido à matéria orgânica (GUPTA & LIPSETT, 1981).

Em solos ácidos e com baixos teores de cálcio, a baixa disponibilidade de molibdênio e a toxicidade de manganês podem prejudicar a absorção de nitrogênio e reduzir a produção de amendoim (CAIRES & ROSOLEM, 1998). A absorção deste nutriente pela planta se dá predominantemente pela forma do ânion molibdato, presente na solução do solo, que chega às raízes, principalmente via fluxo de massa (GUPTA & LIPSETT, 1981). Porém, a aplicação foliar de molibdênio também é uma prática eficiente, pois favorece a rápida absorção do mesmo pelas plantas e diminui perdas por fixação, que ocorrem quando o molibdênio é adicionado no solo (PIRES, 2003). A adubação foliar pode ser aliada aos tratamentos fitossanitários, tornando-a assim uma prática mais econômica e viável (FERNANDES, 2008).

O boro tem como função evitar baixos níveis de fecundação, melhorando coeficiente de utilização das flores e qualidade dos grãos. O Boro está presente nos fitohormônios, influenciando a reprodução, germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (TASSO JÚNIOR *et al.*, 2004).

O ferro influencia na fotossíntese, respiração, assimilação, fixação biológica do nitrogênio. Atua também sobre a clorofila, pois está presente nas reações de redução dos

cloroplastos, mitocôndrias, peroxissomos, nas ferroproteínas, ligadas aos mecanismos de redução de nitritos e sulfatos (TASSO JÚNIOR *et al.*, 2004).

O cobre é encontrado em cerca de 13 enzimas e estas fazem parte de atividades vitais para o metabolismo das proteínas, na parede celular, na fotossíntese, na respiração, na distribuição de carboidrato, na redução e fixação do nitrogênio. Além de atuar também na fertilidade do grão de pólen (TASSO JÚNIOR *et al.*, 2004).

O zinco é importante constituinte das enzimas envolvidas nos processos metabólicos dos fenóis, proteínas e ácido nucléico. Presente na síntese de citocromo, na formação do amido, na parede do xilema e na estabilização dos ribossomos. Presente na síntese do AIA, hormônio regulador do crescimento, da redução das oxidases na respiração e na fertilidade do grão de pólen (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

O cobalto está diretamente relacionado com a fixação simbiótica por ser constituinte da vitamina B₁₂, a qual é essencial para a síntese de leghemoglobina nos nódulos, e, esta promove a oxigenação dos rizóbios.

Fernandes (2008) relatou que o número de nódulos por planta não foi influenciado pelas aplicações de cobalto + molibdênio, tanto via semente quanto foliar, em um Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso. A cultivar IAC TATU-ST apresentou maior número de nódulos que a cultivar IAC Runner 886, mas não houve aumento no teor de N foliar, sendo 14 nódulos por planta suficientes para proporcionar valores de N adequados para a cultura.

3. Zoneamento agroclimático

O objetivo do zoneamento agroclimático é orientar os agricultores sobre os riscos de adversidades climáticas coincidentes com as fases mais sensíveis da cultura. Através da correlação entre as séries climáticas históricas, com o ciclo das cultivares e o tipo de solo faz-se a recomendação da época de plantio para cada município.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) possui portarias referentes ao zoneamento climático da cultura do amendoim para diversos estados brasileiros.

4. Épocas de plantio e colheita

No estado de São Paulo o amendoim da safra das águas é semeado entre outubro e novembro sendo colhido entre janeiro e fevereiro (cultivares precoces) e fevereiro a março (cultivares tardias). A safra da seca é semeada de fevereiro a março, e a colheita é realizada entre maio e junho (cultivares precoces) e de junho a julho (cultivares tardias).

Na safra das águas há disponibilidade hídrica, porém haverá elevada umidade no final de ciclo. Portanto, maior produtividade, porém com possibilidade de contaminação com aflatoxina e custo com secagem artificial. A safra da seca pode apresentar déficit hídrico, mas haverá baixa umidade no final de ciclo. Portanto, menor produtividade, porém com produto final de maior qualidade e menor custo com secagem artificial.

Algumas das conclusões de Crusciol *et al.* (2000) em experimento em Selvíria – MS foram que com o atraso da semeadura, há probabilidade de ocorrer deficiência hídrica nos períodos vegetativo e reprodutivo, reduzindo a produtividade do amendoim da seca e que a produtividade de vagens é boa quando a semeadura é realizada no início do mês de fevereiro.

5. Considerações finais

O conhecimento da ecofisiologia possibilita a exploração do máximo potencial produtivo das culturas, desta maneira, deve-se buscar conciliar a exigência climática nas diferentes fases de desenvolvimento das culturas, com o clima do local de cultivo e também com o manejo das mesmas.

6. Conclusão

Deve-se buscar atender as necessidades durante o ciclo da cultura, tanto as climáticas quanto as nutricionais. Contudo, a partir do início do florescimento, a cultura do amendoim apresenta elevada demanda nutricional, e para alcançar elevadas produtividades é necessário que as condições ambientais, o fornecimento de nutrientes e o manejo sejam adequados. Temperaturas diurnas de 35 °C e noturnas de 25 °C são ideais neste período, assim como a exigência hídrica que é máxima nas fases de florescimento e frutificação. A planta não sofre influência do fotoperíodo e em condições de campo a luz não é fator limitante. Um dos fatores primordiais para que as necessidades climáticas da planta sejam atendidas durante o ciclo é a época de semeadura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL, 2012. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 482p.
- ARMANDO JUNIOR, J. **Floração em amendoim** (*Arachis hypogaea* L.). Campinas: Unicamp, 1990,83p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Campinas, 1990.
- BECKER, A.W.; HUE, N.V.; YAPA, L.G.G. CHASE, R.G. Peanut growth as affected by liming Ca – Mn interactions, and Cu plus Zn applications to oxidic samoan soils. **Plant and Soil**, v.164, p.203-211, 1994.
- BINNECK, E.; BARROS, A.C.S.A.; VAHL, L.C. Peletização e aplicação de molibdênio em sementes de trevo-branco. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.2, p.203-207, 1999.
- BLUM, A. 1998. **Plant Breeding for Stress Environments**. CRC Press Inc. Boca Raton, Flórida, p.26: 210–212.
- BOLONHEZI, D.; SANTOS, R.C.dos; GODOY, I.J. de. Manejo cultural do amendoim. In: SANTOS, R.C. dos. (Ed.). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. p.193-244.
- BOOTE, K.J.; VARNELL, R.J.; DUNCAN, W.G. Relationships of size, osmotic concentration, and sugar concentration of peanut pods to soil water. **Proceedings Crop and Soil Science Society**, Florida, v.35, p.47-50, 1976.
- BUTING, A.H. A classification of cultivated groundnuts. **Emp. Journal of Experimental Agriculture**, Oxford – USA, v.23, n.91/92, p.158-170, 1955.
- CAIRES, E.F.; ROSOLEM, C.A. Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. **Bragantia**, v.57, p.175-184, 1998.
- CÂMARA, G.M.S.; GODOY, O.P.; MARCOS FILHO, J.; FONSECA, H. **Amendoim – produção, pré processamento e transformação agroindustrial**. Fealq, Piracicaba, 1982, 83p. Série Extensão Industrial.
- CATO, S. C.; ALBERT, L. H. B.; MONTEIRO, A. C. B. A. Amendoimzeiro. In: CASTRO, P. R. C. **Manual de Fisiologia Vegetal: Fisiologia de Cultivos**. Piracicaba: Editora Ceres, 2008. p. 26-35.

CIIAGRO. **Centro integrado de informações agrometeorológicas**. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br>. Acessado em: 20 de outubro de 2009.

CORREIA, G.K.; NOGUEIRA, C.M.J.R. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogae* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.2, 2004.

CRUSCIOL, C.A.C.; LAZARINI, E.; GOLFETO, A.R.; SÁ, M.E. Produtividade e componentes da produção do amendoim da seca em razão da época de semeadura da aplicação de cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.8, p.1549-1558, 2000.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.001-008, 2007.

CULPEPPER, A.S.; JORDAN, D.L.; BATTS, R.B.; YORK, A.C. Peanut response to prohexadione calcium as affected by cultivar and digging date. **Peanut Science**, v.24, p.85-89. 1997.

DE FREITAS, S.M; MARTINS, S.S; NOMI, A.K; CAMPOS, A.F. Evolução do mercado brasileiro de amendoim. In: DOS SANTOS, R.C. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. P. 17-44.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327-354.

DESA, N.D.; JOSH, R.S.; PATEL, K.R. Response of summer groundnut to various levels of irrigation on clay soils. **Madras Agricultural Journal**, Tamil Nadu, INDIA. v.9, p.617-620, 1984.

ERISMANN, N.DE.M.; MACHADO, E.C.; GODOY, I.J.DE. Capacidade fotossintética de genótipos de amendoim em ambiente natural e controlado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.7, p.1099-1108, 2006.

FARINELLI, R.; LOBODA, M.S. Efeito da aplicação de gesso agrícola no comportamento da cultura do amendoim. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.15, n.2, p.1-20, 2005.

FERNANDES, E.M.L. **Cobalto e molibdênio via semente e foliar em amendoim: nodulação, características agronômicas e proteínas nos grãos**. Ilha Solteira, SP: FE, 2008. 54p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Universidade Estadual Paulista, 2008.

GIARDINI, A.R.; LOPES, E.S.; FILHO, A.S.; NEPTUNE, A.M.L. Inoculação com rhizobium e aplicação de nitrogênio em amendoim. **Bragantia**, Campinas, v.44, p.27-39, 1985.

GILLIER, P.; SILVESTRE, P. El cacahuete o maní. Madrid: Editorial Blume, 1970. 281p.

GRACIANO, E.S.A. **Estudos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidos à deficiência hídrica**. 2009. 66f. Dissertação (Mestrado em Botânica/Biotecnologia e Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

GREGORY, P.J.; REDDY, M.S. Root growth in an pearl millet/ groundnut. **Field Crop Research**, v.5, p.241-252, 1982.

GUPTA, U.C. & LIPSETT, J. Molybdenum in soil, plants and animals. **Advance in Agronomy**, v.34, p.73-115, 1981.

JEFFERSON, P.G., D.A. JOHANSON, M.D. RUNBAUGH, AND K.H. ASAY. Water stress and genotypic effects on epicuticular wax production of alfalfa and crested wheat grass in relation to yield and excised leaf water loss rate. **Canadian Journal of Plant Science**, v.69, p.481-490, 1989.

JOSHI, Y.C.; NAUTIYAL, P.C.; RAVINDRA, V.; DWIVEDI, R.S. Water relation in two cultivars of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under soil water deficit. **Tropical Agriculture**, v.65, p.182-184, 1988.

KASAI, F.S.; ATHAYDE, M.L.F; GODOY, I.J.DE. Adubação fosfatada e épocas de colheita do amendoim: Efeitos na produção de óleo e proteína. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.1, nota científica, 1998.

KELAIYA, V.V.; JETHWA, M.G.; PATEL, J.C.; SADARIA, S.G. Effect of growth regulators and their spraying schedules on groundnut. **Indian Journal of Agronomy**, v.36, n.1, p.111-113, 1997.

KUBOTA, F.Y.; ANDRADE NETO, A.C.de.; ARAÚJO, A.P. TEIXEIRA, M.G. Crescimento e acumulação de nitrogênio de plantas de feijoeiro originadas desementes com alto teor de molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1635-1641, 2008.

LOPES, A.S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agrônômica e preparo de fertilizantes**. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.(Eds.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p. 357-390, 1991.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, 1997, p.319.

MAPA. **Ministério da agricultura, pecuária e do abastecimento**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acessado em: 20 de outubro de 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London, Academic Press, 1986. 674p.
MARTINS, R. CULTIVARES DE AMENDOIM: Um estudo sobre as contribuições da pesquisa pública paulista. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.36, 2006.

MASCARENHAS, R. **Energias Renováveis na PETROBRAS**. II Seminário Catarinense de Mercado de Créditos de Carbono. Campus da UNIPLAC, Lages, SC. 09 e 10 mar. 2006.

MATSUI, T.; SINGH, B.B. Root characteristics in cowpea related to drought tolerance at the seedling stage. **Experimental Agriculture**, v.39, p.29-38, 2003.

NOGUEIRA JÚNIOR, S. **Evolução da produção e comercialização de amendoim no Brasil**. In: SIMPÓSIO NACIONAL Y LATINOAMERICANO DE OLEAGINOSAS, 8, 1976, Buenos Aires.

NOGUEIRA, R.J.M.; TÁVORA, F.J.A.F.; Ecofisiologia do amendoim. In: DOS SANTOS, R.C. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. p.71-122.

NOGUEIRA, R.J.M.C. et al. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.12, p.1963-1969, 1998.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; DOS SANTOS, R.C. Alterações fisiológicas do amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.41-45, 2000.

PALLAS Jr., J.E.; STANSELL, J.R.; KOSKE, T.J. Effects of drought on florunner peanuts. **Agronomy Journal**, v.71, n.5, p.853-858, 1979.

PALLAS, J.E.; STANSELL, J.R.; KOSKE, T.J. Effects of drought on florunner peanuts. **Agronomy Journal**, Madson, v.71, p.853-858, 1979.

PEREIRA, E.L. **Produção e qualidade de sementes de cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) influenciadas pela calagem e pela época de colheita**. 2006. 146f. Tese (Doutorado em Ciências/ Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

PINTO, C. DE.M.; TÁVORA, F.J.F.A.; BEZERRA, M.A.; CORREÂ, M.C.DE.M. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Ciência Agrônômica**, v.39, n.3, p.429-439, 2008.

PIRES, A.A. **Parcelamento e época de aplicação foliar do molibdênio na cultura do feijoeiro**. Viçosa, MG:UFV, 2003. 49p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.

PREMCHANDRA, G.S.; H. SANEOKA; K. FUJITA; S. OGATA. Leaf water relations, osmotic adjustment, cell membrane stability, epicuticular wax load and growth as affected by increasing water deficit in sorghum. **Journal of Experimental Botanic**, v.43, p.1569–1576, 1992.

QUAGGIO, J. A.; DECHEN, A. R.; VAN RAIJ, B. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.6, p.189-194, 1982.

RODRIGUES FILHO, F.S.Q.; GODOY, I.J.; FERTISA, C.T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em plantas de amendoim cultivar Tatu-76. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.10, p.61-66, 1986.

SAMDUR, M.Y. et al. Genotypic differences and water – deficit induced enhancement in epicuticular wax load in peanut. **Crop Science**, v.43, p.1294-1299, 2003.

SANTOS, C.E.R.e.S.; STAMFORD, N.P.; FREITAS, A.D.S.F.; BASTOS VIEIRA, I.M.de.M.; SOUTO, S.M.; NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Efetividade de rizóbios isolados de solos da região Nordeste do Brasil na fixação do N₂ em amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Science Agronomy**, v.27, n.2, p.301-307, 2005.

SANTOS, R.C. DOS; VALE, L.V.; SILVA, O.R.F.; ALMEIDA, V.M.R.A. **Recomendações técnicas para o cultivo de amendoim precoce no período das águas**. 1996. 21p. (Embrapa Algodão. Circular técnica 20).

SICHMANN, W.; NEPTUNE, A.M.L.; MELLO, F.A.F. de. Efeito da aplicação de calcário e gesso na produção de vagens e sobre algumas características dos frutos de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em experimento conduzido em vasos contendo um podzólico de Lins e Marília. **Anais Escola Superior Agronomia “Luis de Queiroz”**, v.39, p. 337-347, 1982.

SILVA, L.C.; BELTRÃO, N.E.de.M. Incremento de fitomassa e produtividade do amendoimzeiro em função de lâmina e intervalos de irrigação. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.4, n.2, p.111-121, 2000.

SUBBARAO, G.V.; C. JOHANSEN, A.E.; SLINKARD, R.C. NAGESWARA RAO, N.P.; SAXENA; Y.S. CHAUHAN. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**. v.14, p.469–523, 1995.

TASSO JUNIOR, L.C.; MARQUES, M.O. ; NOGUEIRA, G.DE. A. **A cultura do amendoim**. Jaboticabal: 2004. 220p.

TÁVORA, F.J.A.F.; MELO, F.I. Respostas de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: Crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.22, n.1/2, p.47-60, 1991.

THIES, J.E. *et al.* Subgroups of de Cowpea miscellany: symbiotic specificity within Bradyrhizobium spp. for *Vigna unguiculata*, *Phaseolus lunatus*, *Arachis hypogaea* and *Macroptilium atropurpureum*. **APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY**, Washington, DC, v.57, p.1540-1545, 1991.

United States. **Department of Agriculture PSD query on – line**: peanuts. 2009. Disponível em : <<http://www.usda.gov>>. Acessado em : 10 de outubro de 2009.

United States. **Department of Agriculture PSD query on – line**: peanuts. 2009. Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acessado em : 10 de outubro de 2009.

VAKHARIA, D., U. KANDOLIYA., N. PATEL, AND M. PARMESWARAN. Effect of drought on lipid metabolites: Relationship with pod yield in groundnut. **Plant Physiology Biochem.**, New Delhi, v.24, p.102–105, 1997.

VARA PRASAD, P.V.; CRAUFURD, P.Q; SUMMERFIELD, R.J. Sensitivity of peanut to timing of heat stress during reproductive development. **Crop Science**, v.39, p.1652-1357, 1999.

VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E.; MALAVOLTA, E. O gesso agrícola como fonte de cálcio e enxofre-respostas de culturas anuais e perenes. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, Brasília, 1986. **Anais**, Brasília: EMBRAPA-DDT, p.17-43, 1986.

WALKER, M.E. Calcium requirements for peanut. **Soil Science Plant Analysis**, v.6, n.3, p.229-313, 1975.