

23290

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

633.851
R16538
2010

Embrapa Amazônia Ocidental
SIN - BIBLIOTECA

Zoneamento Agroecológico, Produção e Manejo para a Cultura da Palma de Óleo na Amazônia

Editores Técnicos

**PARTE I - Zoneamento Agroecológico para a Cultura da Palma de Óleo
(Dendezeiro) nas Áreas Desmatadas da Amazônia Legal**

Antonio Ramalho Filho
Paulo Emílio Ferreira da Motta

**PARTE II - Produção e Manejo Sustentáveis para a Cultura da Palma de Óleo
(Dendezeiro) na Amazônia**

Pedro Luiz de Freitas
Wenceslau Gerales Teixeira

Embrapa Solos
Rio de Janeiro - RJ
2010

Avaliação do estado nutricional e manejo da fertilidade do solo para a produção sustentável da cultura da palma de óleo na Amazônia

Maria do Rosário Lobato Rodrigues, Paulo César Teixeira, Jeferson Luis Vasconcelos de Macedo, Raimundo Nonato Vieira da Cunha, Ricardo Lopes, Raimundo Nonato Carvalho da Rocha e Wenceslau Gerales Teixeira

1. Introdução

A definição de doses adequadas de nutrientes deve ser fundamentada primordialmente no conhecimento das exigências da cultura e na identificação da capacidade dos solos de fornecer esses nutrientes às plantas. Os métodos para determinação das deficiências nutricionais da palma de óleo (dendezeiro) são: diagnose visual, análise química do solo, ensaios de adubação e diagnóstico/análise foliar. Individualmente, esses métodos não podem ser aplicados para a definição de um programa de adubação, devendo ser utilizados, preferencialmente, em conjunto.

A observação visual das deficiências no palmar é frequentemente utilizada como meio auxiliar, associando-se as anormalidades apresentadas pelas plantas às deficiências prováveis, que muitas vezes só se manifestam com sintomas visíveis muito tardiamente. Por outro lado, a análise química do solo, que determina os elementos assimiláveis pela palma de óleo, presta um grande auxílio quando se

pretende estabelecer os princípios gerais de uma política de adubação na fase inicial de implantação da cultura. Entretanto, chama-se a atenção para o fato de que a ocorrência de nutrientes no solo em quantidades disponíveis consideradas suficientes não indica que a planta está utilizando tais elementos, pois vários fatores podem afetar a absorção, como disponibilidade de água, aeração, temperatura do solo, interações entre os elementos, presença de microrganismos, entre outros, além daqueles inerentes à própria planta.

A definição de um programa de adubação equilibrado que atenda às necessidades fisiológicas da planta é fator indispensável para a obtenção de um bom rendimento e para a manutenção de níveis satisfatórios de produção. Os fatores essenciais do balanço dos elementos minerais são, por um lado, o consumo pelas plantas e as perdas por lixiviação, erosão e volatilização e, por outro, o fornecimento pelo solo e pela adubação. Assim, o suprimento inadequado de nutrientes, seja pela falta, excesso, ou mesmo desbalanço, pode promover distúrbios nas reações

fisiológicas das plantas que, por sua vez, podem restringir o crescimento, a produção e aumentar o estresse, ocasionando maior predisposição e susceptibilidade a pragas e doenças. No Estado do Amazonas, onde os preços do transporte e dos fertilizantes elevam demasiadamente os custos de produção, é particularmente importante maximizar a eficiência no uso dos mesmos.

Neste capítulo, procura-se fornecer informações básicas sobre a avaliação do estado nutricional da palma de óleo, com ênfase para o sistema de recomendação de fertilizantes para a cultura com base no diagnóstico foliar e nos resultados das pesquisas desenvolvidas na região.

2. Avaliação da fertilidade do solo

Antes da implantação do palmar, é indispensável realizar a análise de solo para se conhecer as quantidades de nutrientes nele disponíveis e para que os adubos sejam adicionados em quantidades adequadas. Nesse sentido, a análise do solo, que gera um diagnóstico das condições de fertilidade, constitui uma valiosa ferramenta para a predição da necessidade ou não de correção e de adubação na fase inicial de implantação da cultura. Essa análise pode, ainda, indicar as mudanças nas reservas de nutrientes do solo durante o ciclo do cultivo causadas pela aplicação dos fertilizantes e pelo manejo adotado, servindo também como complemento da avaliação nutricional da palma de óleo.

Por outro lado, a correta avaliação do solo dependerá, em grande parte, do método de amostragem e dos cuidados ao realizá-la. Assim, para que as amostras coletadas sejam representativas da área

amostrada do terreno, torna-se necessário seguir alguns critérios, descritos por Rodrigues et al. (2002), relativos à elaboração de um croqui de campo, ao tamanho das glebas x número de amostras, à profundidade e ao local de coleta das amostras, entre outros cuidados.

3. Avaliação do estado nutricional da palma de óleo

3.1. Sintomas de deficiências

A diagnose visual é uma técnica simples, baseada no fato de que plantas com deficiência acentuada ou excesso de um dado elemento apresentam, normalmente, sintomas visíveis e característicos dos distúrbios provocados pelo elemento em questão. Deve-se, entretanto, chamar a atenção para dois aspectos:

- a) antes de aparecerem sintomas de deficiências visíveis e típicos de um elemento, o crescimento e a produção já poderão estar comprometidos; portanto, esta técnica não se aplica na detecção da fome ou toxidez oculta;
- b) a distinção visual das deficiências exige pessoal qualificado e deve ser utilizada, preferencialmente, como um meio auxiliar de avaliação do estado nutricional da palma de óleo (MALAVOLTA et al., 1997). Por outro lado, a inspeção do palmar, quando bem efetuada, permite detectar e interpretar os sintomas de deficiências e o efeito dos nutrientes aplicados. Na Tabela 1, estão sumarizados os principais sintomas e causas de deficiências nutricionais na palma de óleo já observados na região.

Tabela 1 – Sintomas e causas de deficiências nutricionais na palma de óleo na Amazônia

Fontes: Pacheco et al. (1985), Fairhurst (1998), Rodrigues (1993), Viégas e Botelho (2000) e Rodrigues et al. (2002)

Nutriente	Sintomas	Causas
Nitrogênio (N)	Descoloração dos folíolos na sequência: verde, verde-pálido, verde-amarelado e amarelado e seco. Essa descoloração afeta primeiro as folhas mais novas, progredindo para as mais velhas à medida que a deficiência se acentua. As plantas com deficiência severa de N têm o ráquis e as nervuras centrais dos folíolos de cor amarelada e a folha tende a encurvar. Se os sintomas são agudos e persistentes, observa-se uma redução generalizada no desenvolvimento vegetativo da palma de óleo.	Solos arenosos pobres em húmus ou precariamente drenados, ou, ainda, solos mal drenados, em decorrência de compactação ou quando a alternância das estações secas e úmidas gera um forte movimento do nível do lençol freático, ocasionando asfixia periódica das raízes.
Fósforo (P)	Não apresenta sintomas visuais típicos, mas observa-se uma redução do crescimento e da produção. Estipe em formato de pirâmide e secamento prematuro das folhas mais velhas podem estar associados à deficiência de fósforo. Áreas deficientes em P também podem ser identificadas pela predominância de gramíneas sobre as leguminosas que têm dificuldade em se estabelecer como plantas de cobertura e, em alguns casos, pela presença de uma cor púrpura nas gramíneas.	Baixa disponibilidade, devido às baixas concentrações de P disponíveis no solo; fixação pelo solo e/ou aplicação inadequada; pH baixo.
Potássio (K)	Os sintomas foliares de deficiência de potássio mais comuns são: manchas alaranjadas confluentes e descoloração difusa verde-amarelada para amarelo pálido que aparecem nos folíolos das folhas baixas e intermediárias. Normalmente, quando os teores foliares em K são inferiores a 6 g kg ⁻¹ , um necrosamento marginal é desenvolvido ao longo dos folíolos, começando pelo ápice; as manchas alaranjadas podem tornar-se necróticas e ser o sítio de uma invasão patogênica secundária, secando posteriormente. Ocasionalmente, plantas isoladas podem ser encontradas com esses sintomas, tendo ao redor outras que não os apresentam; nesse caso, os sintomas são mais um efeito genético que uma deficiência de K.	Concentrações muito baixas de K trocável (< 0,15 cmolc kg ⁻¹); solos arenosos, muito ácidos e/ou turfosos. Estresse hídrico muito forte. Excesso de cálcio proveniente da calagem e/ou do adubo fosfatado, assim como um excesso de magnésio, pode induzir ou acentuar a deficiência em K.
Magnésio (Mg)	A deficiência se manifesta como uma clorose das folhas velhas, que exibem coloração amarelo-laranja claro. Os primeiros sintomas aparecem como manchas de cor verde-oliva ou ocre nas pontas dos folíolos velhos mais expostos à luz solar. À medida que se agrava a deficiência, a cor muda para amarelo brilhante ou amarelo profundo e, eventualmente, as folhas afetadas secam. As manchas cloróticas podem ser afetadas mais tarde por invasões de microrganismos, principalmente fungos como <i>Pestalotiopsis griseola</i> . Os sintomas de deficiência de Mg são sempre mais pronunciados em folíolos expostos à luz solar; nas partes protegidas não há clorose, isto é, os folíolos ou parte de sua superfície que estão na sombra permanecem verdes, sintoma característico da diagnose visual, conhecido como "efeito sombra". Muitas plantas parecem ser geneticamente predispostas à deficiência de Mg.	Solos contendo baixos teores de Mg (< 0,2 cmolc kg ⁻¹); também em solos de textura leve e em solos ácidos, nos quais a camada superficial tenha erodido. A deficiência de Mg pode ser induzida ou acentuada por uma forte adubação potássica.

Tabela 1 – Sintomas e causas de deficiências nutricionais na palma de óleo na Amazônia (continuação)

Nutriente	Sintomas	Causas
Boro (B)	<p>A maioria dos sintomas morfológicos de deficiência de B apresenta anormalidades no desenvolvimento das folhas mais novas, denominadas de “folha curta”, “folha de gancho”, “folha espinha de peixe”, “folha de baioneta”, “banda branca do folíolo”. Folhas deficientes em B, além de mal formadas e enrugadas, são também quebradiças e de cor verde escuro. O primeiro sintoma de deficiência de B é o encurtamento das folhas jovens, dando às plantas um aspecto de patamar, “copa plana”. Sintomas que se assemelham à deficiência de B podem ser induzidos também por uma bactéria do gênero <i>Erwinia</i> (<i>bud-rot</i>) ou mesmo por anomalias genéticas (<i>little-leaf</i>)</p>	<p>Baixo teor no solo (< 0,3 a 0,5 mg kg⁻¹ de B, extraído por água quente). As deficiências de B podem ser acentuadas por uma aplicação de doses elevadas de NPKCa e/ou quando as condições edafoclimáticas são muito favoráveis a um desenvolvimento rápido e a uma alta produção (alta precipitação). Solos com pH muito baixo (<4,5) ou muito alto (>7,5). Inadequada aplicação de B.</p>
Cobre (Cu)	<p>Os sintomas de deficiência de Cu iniciam com o aparecimento de manchas cloróticas nas primeiras folhas abertas e, à medida que avança a deficiência, as folhas novas começam a ficar curtas; os folíolos afetados amarelecem do ápice até o centro e, posteriormente, necrosam e secam. Nos viveiros e plantações jovens da Amazônia, os sintomas essenciais são: o aparecimento, nas folhas novas, de pequenas manchas cloróticas de forma retangular que, em seguida, podem reunir-se, formando acumulações paralelas às nervuras, de contorno irregular. Pode-se observar, também, o desenvolvimento de pequenas necroses nas extremidades dessas folhas, dando ao viveiro um aspecto geral bronzeado; a emissão foliar é mais lenta e as folhas, mais curtas; ocorre uma redução no crescimento que pode ser acompanhado de perdas consideráveis de produção.</p>	<p>A deficiência de Cu tem sido observada sobre certos tipos de solos bem particulares e ricos em matéria orgânica (turfas). Também se tem observado, em experimentos de adubação no Brasil, a ocorrência de deficiência em Cu associada às doses mais elevadas dos nutrientes NPK.</p>

3.2. Diagnóstico Foliar da palma de óleo

Em geral, a parte da planta mais utilizada para a avaliação nutricional é a folha, pois é o órgão que contém a maior porcentagem dos nutrientes e que melhor reflete o estado nutricional da maioria dos elementos, principalmente aqueles que afetam diretamente a fotossíntese. Os estudos sobre nutrição mineral da palma de óleo, aliados à filotaxia da planta, que facilita a identificação correta das folhas, permitiram que o diagnóstico foliar fosse utilizado como ferramenta básica nos programas de adubação durante a fase produtiva da cultura. Análises foliares podem ser suplementadas por análises dos tecidos da ráquis (armazenamento de nutrientes) e do solo. Usando tais informações, as frequências de aplicações e as fontes de fertilizantes podem ser objetivamente determinadas. Estudando a resposta da palma de óleo à aplicação de fertilizantes, Rodrigues (1993) verificou que a análise foliar é um instrumento bastante eficiente para avaliação e controle do estado nutricional da palma de óleo.

3.3. Fatores envolvidos na interpretação dos resultados

Nos últimos anos, tem-se intensificado o uso da análise foliar como instrumento de diagnose do estado nutricional das plantas e da fertilidade do solo, fornecendo subsídios para as recomendações de adubação, principalmente de culturas perenes. Entretanto, chama-se a atenção para as necessidades de pesquisas, visando principalmente:

- definir as reais exigências nutricionais da planta, levando em consideração os fatores envolvidos, como material genético e condições pedoclimáticas;
- conhecer a resposta da planta à aplicação de fertilizantes nos diferentes sistemas de cultivos praticados;

- estabelecer os fatores de variação dos teores foliares, os níveis críticos e a interação entre os elementos; possibilitando, assim, o uso dessa técnica como instrumento de diagnose do estado nutricional da planta para fins de recomendação de adubação da cultura e aumento na eficiência das adubações.

O método de diagnose foliar baseia-se no fato, demonstrado experimentalmente, de que, dentro de certos limites, há uma relação direta e positiva entre teor foliar, crescimento e produção. Portanto, é de se esperar que um aumento na concentração de um determinado elemento (ou elementos) na folha corresponda a um aumento de produção. Em uma plantação de palma de óleo, o controle da nutrição mineral se apoia na associação estreita entre a experimentação de campo e a informação do diagnóstico foliar. A situação e o dispositivo estatístico da experiência de referência são escolhidos de forma a serem representativos da plantação, levando em conta o conhecimento já existente (análise do solo, experiências anteriores).

3.4. Fatores de variação dos teores foliares

Vários fatores estão envolvidos na interpretação dos resultados da análise foliar. Entre os fatores que influenciam direta e indiretamente os teores dos nutrientes nas folhas da palma de óleo, pode-se destacar:

- A origem e o potencial genético do material vegetal – a nutrição mineral da palma de óleo pode variar em função da origem genética do material vegetal. Nesse sentido, dados experimentais têm evidenciado um comportamento diferenciado para o potássio e para o magnésio em função da categoria do material vegetal plantado (OCHS e OLIVIN, 1977). A maior

ou menor demanda por nutrientes depende, portanto, das características genéticas do material vegetal que podem ser potencializadas pela seleção x melhoramento.

- A posição e a idade das folhas – a amostragem realizada sobre uma folha de referência, isto é, constituída de folhas coletadas em uma mesma posição em todas as plantas, minimiza as fontes de variação e aumenta a representatividade da amostra, sendo que os resultados obtidos devem ser comparados aos níveis críticos de folhas também da mesma posição e estágio fisiológico. A concentração foliar de nitrogênio, fósforo e potássio diminui com a idade da folha; para o magnésio foliar, não há uma tendência muito definida, enquanto o cálcio foliar aumenta com a idade da folha (HARTLEY, 1988). Os estudos dos teores dos elementos minerais em função da posição das folhas, portanto, em função do envelhecimento do tecido vegetal, mostram gradientes muito similares de uma situação a outra para os vários elementos (PREVOT e PEYRE DE MONTBRETON, 1958).
- A idade das plantas – é indispensável que, para constituir uma amostra, as plantas selecionadas sejam todas da mesma idade. Entre as várias razões que justificam a necessidade desse cuidado destaca-se o fato de que as plantas que ainda não iniciaram sua produção apresentam um comportamento diferente daquelas que já estão produzindo, pois, nestas últimas, há exportação de nutrientes para os frutos e, conseqüentemente, para fora da plantação. Como o potássio é um dos nutrientes mais demandados pelos frutos, observa-se uma tendência de diminuição dos teores foliares desse mineral em função da idade

das plantas. No caso do nitrogênio, as pesquisas têm evidenciado que os teores foliares desse elemento podem variar naturalmente de 30 a 23 g kg⁻¹ em função da idade. Para o cálcio, verificou-se um comportamento inverso ao do potássio e ao do nitrogênio; isto é, houve um aumento nos teores foliares desse elemento em função do envelhecimento das plantas. O fósforo, o magnésio e o cloro não mostraram um padrão de variação bem definido em função da idade das plantas (BACHY, 1965; KNECHT et al., 1977; HARTLEY, 1988).

- As condições ambientais – as condições pedoclimáticas constituem um dos principais fatores de variação nos estudos da relação entre teores de nutrientes nas folhas x crescimento/produção. As informações sobre o solo, principalmente no que se refere à disponibilidade de água e nutrientes, são de suma importância para consolidar a interpretação da análise foliar. A composição mineral das folhas flutua sensivelmente no decorrer do ano dependendo das condições climáticas, sendo que a pluviometria desempenha papel preponderante sobre essa variação e, em menor grau, a insolação. Vale apenas lembrar que a água é o principal veículo de transporte dos nutrientes no processo de absorção e translocação. Os teores foliares de potássio e nitrogênio, por exemplo, são fortemente influenciados pelo regime hídrico (OLLAGNIER e OCHS, 1981; RODRIGUES et al., 1999).
- Os aspectos fitossanitários – a presença de pragas e doenças, bem como o histórico da aplicação de tratamentos, são fatores que devem ser levados em consideração na interpretação dos resultados da análise foliar, pois

influenciam a composição mineral das folhas e podem ter efeito na absorção, no transporte, na redistribuição e no metabolismo dos nutrientes. Algumas substâncias usadas nos tratamentos fitossanitários possuem em suas composições elementos que são nutrientes, tais como fósforo, cobre e cloro. Por outro lado, plantas afetadas por pragas e doenças podem exteriorizar sintomatologias que se assemelham a algumas deficiências nutricionais. Bactérias do gênero *Erwinia*, por exemplo, podem induzir na palma de óleo sintomas que se assemelham à deficiência de boro.

- Os tratos culturais – o estado nutricional da palma de óleo pode ser influenciado pelo manejo dado à cultura. As culturas intercalares, por exemplo, podem enriquecer o solo em nutrientes ou empobrecê-lo pela remoção deles. As leguminosas, normalmente utilizadas nas plantações de palma de óleo, quando bem instaladas e manejadas, enriquecem o solo em nitrogênio, contribuindo para que teores foliares na palma de óleo atinjam valores adequados mesmo na ausência da aplicação do fertilizante (RODRIGUES et al., 1999). Por outro lado, é comum observar teores de nitrogênio e fósforo significativamente inferiores nas folhas da palma de óleo quando na cobertura do solo predominam gramíneas (GRAY e KEW, 1968).

- Os aspectos nutricionais – entre os vários fatores envolvidos na interpretação dos resultados da análise foliar, destacam-se como de primordial importância o nível crítico, as interações e os sintomas de deficiência, por constituírem a base de utilização da análise foliar para determinação da necessidade de adubação da palma de óleo. Assim, o conhecimento da concentração dos nutrientes nos diversos órgãos da planta em sucessivos estádios de desenvolvimento é condição essencial para ajudar no entendimento de problemas nutricionais e nas recomendações de adubação.

3.5. Nível Crítico

O método de diagnose foliar baseia-se no fato, demonstrado experimentalmente, de que, dentro de limites, há uma relação direta e positiva entre teor foliar, crescimento e produção. Portanto, é de se esperar que um aumento na concentração de um determinado elemento ou elementos na folha corresponda a um aumento de produção.

Os vários estudos desenvolvidos sobre a nutrição mineral da palma de óleo permitiram o estabelecimento dos níveis críticos, que se revelaram válidos na grande maioria dos casos (Tabela 2). Considera-se como nível crítico de um dado elemento o valor abaixo do qual a probabilidade de resposta ao uso de fertilizantes é alta. Entretanto, em áreas onde as condições ambientais estimulam altas produções,

Tabela 2 – Níveis críticos dos macronutrientes (g.kg⁻¹) definidos para a folha 9 (PREVOT; OLLAGNIER, 1956) e folha 17 (BACHY, 1964)

	N	P	K	Ca	Mg
Folha Nº 9	27.0	16.0	12.5	5.0	2.3
Folha Nº 17	25.0	15.0	10.0	6.0	2.4

pode-se facilmente encontrar níveis críticos mais baixos. Dentro desse contexto, é importante ressaltar que o emprego rigoroso da diagnose foliar implica na definição de níveis críticos, considerando as condições locais, incluindo a viabilidade econômica do uso dos fertilizantes.

Os níveis críticos dos micronutrientes – Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo) e Zinco (Zn) – na palma de óleo ainda não estão bem definidos. Entretanto, na folha 17, é comum encontrar as seguintes faixas de concentrações (mg.kg^{-1}): B de 10 a 25, Cu de 4 a 15, Fe de 60 a 350, Mn de 80 a 1000, Mo de 0,5 a 5 e Zn de 9 a 39.

No Brasil, resultados sobre concentrações de nutrientes em folhas de plantas de palma de óleo têm sido obtidos através dos experimentos de nutrição e adubação. As variações nos teores alcançados por Chepote et al. (1988), Viégas (1993) e Rodrigues (1993) são apresentados na Tabela 3. Em geral, as concentrações não apresentaram uma marcante variação.

3.6. Interação entre os nutrientes

Em teoria, podem ocorrer interações entre todos os nutrientes originários de sinergismos ou de antagonismos de absorção, de equilíbrios iônicos ou estruturais, mas, na prática, considera-se interessante apenas a interação dos macronutrientes – Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K) e Magnésio (Mg). As interações mais frequentemente encontradas são entre N e P, N e K, K e Mg, e K e B, apesar de que outras interações podem ser muito mais significativas sob condições específicas, como por exemplo: em solos argilosos da Amazônia deficientes em P não se tem resposta à aplicação de N e K, a menos que a deficiência de P seja corrigida. Em um plantio de palma de óleo, o excesso de um determinado nutriente pode conduzir a um efeito depressivo sobre a produção, e um equilíbrio correto entre os nutrientes pode induzir interações positivas, especialmente para os solos com baixo poder tampão (RODRIGUES et al., 1997).

Tabela 3 – Variações nos teores foliares dos nutrientes em palmares no Brasil e faixa de concentração considerada ótima

Fontes: ¹Chepote et al. (1988); ²Viégas (1993); ³Rodrigues (1993); ⁴Uexkull e Fairhurst (1991).

Nutriente	Local			Faixa Ótima ⁴
	Bahia ¹	Pará ²	Amazonas ³	
N (g.kg^{-1})	22,6 - 26,3	28,8 - 27,5	22,2 - 27,0	26,0 - 29,0
P (g.kg^{-1})	1,40 - 1,90	1,20 - 1,60	1,31 - 1,76	1,60 - 1,90
K (g.kg^{-1})	10,1 - 14,9	6,80 - 16,7	5,25 - 13,46	11,0 - 13,0
Ca (g.kg^{-1})	11,6 - 16,4	5,20 - 11,9	7,28 - 10,8	5,0 - 7,0
Mg (g.kg^{-1})	2,30 - 3,20	2,10 - 2,80	2,01 - 3,69	3,0 - 4,5
S (g.kg^{-1})	-	1,60 - 2,10	1,65 - 2,06	2,5 - 4,0
Cl (g.kg^{-1})	-	3,30 - 6,50	3,43 - 7,53	5,0 - 7,0
B (mg.kg^{-1})	-	17,2 - 25,3	15,7 - 26,7	15,0 - 25,0
Cu (mg.kg^{-1})	-	-	3,4 - 7,0	5,0 - 8,0
Zn (mg.kg^{-1})	-	-	8,4 - 12,9	12,0 - 18,0

Um exemplo de interação positiva (sinergismo) é a que ocorre entre o nitrogênio (N) e o fósforo (P). O sinergismo de absorção e assimilação do nitrogênio e do fósforo na palma de óleo pode ser explicado pela relação N/P, proposta por Ollagnier e Ochs (1981), na qual o nível ótimo de fósforo varia em função do teor de nitrogênio, com uma relação linear: $P(\%) = 0,0487 N(\%) + 0,039$. Considerando o nível crítico adotado para cada um desses elementos, podemos dizer que:

- a relação N/P em torno de 16 indica que a nutrição em P e N está balanceada (o equilíbrio entre os dois nutrientes é bom); entretanto, cada aporte de adubo nitrogenado deve ser acompanhado de adubo fosfatado para não gerar desequilíbrio;
- se $N/P > 16$, existe um déficit em P em relação ao N e, neste caso, não é válido fazer a adubação nitrogenada sem previamente fornecer o fósforo;
- se $N/P < 16$, indica que a planta está relativamente bem nutrida em P em comparação com uma nutrição em N deficiente; daí a necessidade, neste caso, de um aporte de N.

Atenção especial deve ser dada às mudanças do equilíbrio iônico, pois é comum na palma de óleo a ocorrência de relações antagonicas entre os cátions potássio, magnésio e cálcio. O potássio é o nutriente exportado em maior quantidade pela produção dos cachos. Por outro lado, a aplicação de K necessária para manter produções elevadas pode induzir a deficiência de magnésio e a baixa relação Mg/K nos solos, causada por uma nutrição desequilibrada, evidenciando que as doses de adubos devem ser balanceadas. Nesse sentido, é interessante considerar os estudos sobre a variabilidade e outros aspectos da soma dos cátions $K + Ca + Mg$, desenvolvidos por Prevot e Ollagnier (1954)

e Knecht et al. (1975), que demonstraram que essa soma é relativamente constante e em torno de 2, sendo a distribuição das porcentagens ótimas correspondentes aos teores para cada elemento sobre a matéria seca da folha 17, de aproximadamente 58 % de K (11,5 g kg⁻¹ m.s), 30 % de Ca (6,0 g kg⁻¹ m.s) e 12 % de Mg (2,4 g kg⁻¹ m.s).

Diante do exposto, verifica-se que a interpretação dos resultados da análise foliar, visando à adequação das recomendações de adubação, deve ser baseada não somente no nível absoluto dos elementos (aspecto quantitativo da nutrição), mas também na relação entre os elementos – sinergismos e antagonismos (aspectos qualitativos da nutrição) –, pois a dose ótima de um elemento sempre depende da dose aplicada de outro elemento.

4. Adubação da palma de óleo

4.1. Resposta

As curvas de resposta aos adubos, e mesmo os níveis críticos, não têm um caráter universal. Convém, portanto, interpretar os resultados das análises foliares tendo em conta as condições do meio, particularmente as hídricas e as características do solo, a idade das plantas e seu potencial produtivo, bem como a viabilidade econômica do uso dos fertilizantes.

Dentro desse enfoque, a Embrapa Amazônia Ocidental realizou estudos buscando conhecer o comportamento e as principais exigências nutricionais da palma de óleo nas condições pedoclimáticas da região. Os resultados obtidos nessas pesquisas permitiram identificar respostas da palma de óleo à aplicação de fertilizantes e formular as recomendações de

adubação para as condições da Amazônia Ocidental.

Na Amazônia, em geral, a palma de óleo é cultivada predominantemente em latossolos e argissolos de textura média a muito argilosa, geralmente distróficos e/ou álicos, com soma de bases diminuindo acentuadamente em profundidade. Devido à pobreza química do solo, tem-se verificado uma relação estreita entre o crescimento e a produção e o conteúdo de P nos solos, bem como uma sensibilidade à deficiência em K e Mg. Devido à adsorção e à pobreza natural em P desses solos, durante a idade jovem da palma de óleo, uma dose elevada de fosfato é necessária para melhorar os teores de P com relação aos equilíbrios N-P. Convém, entretanto, a partir da idade de seis anos, reduzi-la ao mínimo para evitar um efeito depressivo exagerado sobre os teores de potássio. Os resultados das pesquisas realizadas na Amazônia indicam ser o P o nutriente que mais influencia o desenvolvimento e a produtividade da palma de óleo (PACHECO et al., 1985; RODRIGUES, 1993).

O nitrogênio também apresenta comportamento semelhante em relação ao crescimento e ao desenvolvimento da palma de óleo. Entretanto, na fase adulta, não se tem observado resposta significativa à adubação nitrogenada, devido, muito provavelmente:

- ao desenvolvimento e estabelecimento do sistema radicular que, a partir do quinto ano, já estará ocupando a região das entrelinhas, explorando um volume maior de solo;
- ao manejo dado à cultura: formação de leiras com o resíduo vegetal remanescente do preparo de área; utilização de uma leguminosa fixadora de N como cobertura do solo; deposição das folhas podadas, que pode representar de 11 a 16 t ha⁻¹ ano⁻¹

(HARTLEY, 1988) e, juntamente com a biomassa das plantas de cobertura, constitui uma importante fonte de matéria orgânica para o sistema;

- aos mecanismos de aproveitamento do nitrogênio inerentes à planta.

As pesquisas realizadas em função do desenvolvimento das plantas, do manejo no cultivo e dos mecanismos de suficiência em nitrogênio da palma de óleo (BALDANI et al., 1997; RODRIGUES et al., 1997; REIS et al., 2000; SCHROTH et al., 2000) explicam parte das hipóteses levantadas para que, na fase adulta, as aplicações do adubo nitrogenado sejam minimizadas.

Nos plantios de palma de óleo, a leguminosa *Pueraria phaseoloides* é a planta mais utilizada como cobertura do solo. Para permitir um estabelecimento mais rápido e vigoroso da leguminosa e evitar possível competição com a palma de óleo, recomenda-se que seja feita uma adubação fosfatada no plantio em torno de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e, nos anos subsequentes, nas entrelinhas da palma de óleo de 86 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Atenção especial deve ser dada ao equilíbrio dos cátions Ca - K - Mg a partir do terceiro ano de plantio, quando a entrada das plantas em colheita e o efeito depressivo causado pelo cálcio contido na fonte de fósforo acentuam a deficiência em K, passando as plantas a exteriorizarem sintomas típicos de deficiência em K (Tabela 1) relacionados com níveis de K ≤ 6 g kg⁻¹ na matéria seca da folha 17.

Cuidados também devem ser tomados na utilização contínua das fórmulas NPK, pois interações negativas podem ocorrer e a disponibilidade de outros nutrientes exigidos em menor quantidade pelas plantas, como é o caso de B, Cu e Zn, pode tornar-se fator limitante da produção. A deficiência de boro no campo, por exemplo, tem se exteriorizado quando o cres-

cimento da planta é melhorado pela aplicação de uma adubação mineral; existe uma relação entre a necessidade de boro pela palma de óleo e o seu crescimento. Quando a palma de óleo é cultivada em solos pobres em B e este não é fornecido pela adubação, observam-se, com frequência, anormalidades no desenvolvimento da planta, com possíveis prejuízos para a sua produção. Por sua vez, a adubação fosfatada, indispensável nas condições dos solos da Amazônia, que normalmente contam com baixos teores desse elemen-

to, deprime os teores foliares de cobre e zinco, afetando principalmente a nutrição em cobre (RODRIGUES et al., 1997).

4.2. Recomendação de adubação

O programa de nutrição mineral e adubação da palma de óleo proposto pela Embrapa Amazônia Ocidental (Tabela 4) foi estabelecido levando-se em consideração informações de ensaios de adubação e de manejo.

Tabela 4 - Recomendação de adubação¹ para a palma de óleo no Estado do Amazonas em função da idade (RODRIGUES et al., 2002)

Nutriente	Idade (anos ²)			
	1º	2º	3º	≥4
	— g/planta —			
N	180	225	270	405 g/pl se N foliar < 25 g/kg
P	150	250	300	300 g/pl se N foliar entre 25 e 26 g/kg (a relação foliar deve ficar em torno de 16); se N/P ≥ 17, aplicar 50% a mais; se N/P < 15, aplicar metade da dose.
K	150	200	400	250 g/pl se K foliar > 10 g/kg; 500 g/pl se 9 < K < 10 g/kg; 750 g/pl se 8 < K < 9 g/kg ou 1000 a 2000 g/pl se K < 8 g/kg
Mg	21	32	43	30 g/pl se Mg foliar > 2,4 g/kg; 60 g/pl se 2 < Mg < 2,4 g/kg; 80 g/pl se 1,8 < Mg < 2,0 g/kg ou 100 a 150 g/pl se Mg < 1,8 g/kg
B	2	4	7	8 g/pl se B > 20 mg/kg e as plantas não apresentarem nenhuma sintomatologia de deficiência; 10 a 13 g/pl se 12 < B < 20 mg/kg e todas (ou algumas) plantas apresentarem sintomatologia típica de deficiência; 14 a 20 g/pl se B < 12 mg/kg e as plantas (ou a maioria delas) apresentarem sintomatologia típica e acentuada de deficiência
Cu	1,5	3	6	6 a 8 g/pl se Cu = 10 mg/kg; 10 a 12 g/pl se 5 < Cu < 10 mg/kg ou 15 g/pl se Cu < 4 mg/kg
Zn	1,5	3	6	6 g/pl se Zn = 16 mg/kg; 10 g/pl se 8 < Zn < 16 mg/kg ou 12 a 15 g/pl se Zn < 8 mg/kg

1 - O fósforo deve ser aplicado na cova, sendo uma parte no fundo e uma parte misturada à terra de enchimento. Os demais adubos são distribuídos ao redor das plantas, sob a projeção da copa.

2 - No primeiro ano, as doses de N devem ser parceladas em três vezes (jan/fev (plântio), maio e novembro) e as de K em duas vezes (maio e novembro); a partir do segundo ano, deve-se, preferencialmente, manter o parcelamento dos adubos em duas vezes (maio e novembro), principalmente N e K.

5. Referências bibliográficas

BACHY, A. Diagnostic foliaire de palmier à huile: niveaux critiques chez les arbres jeunes. **Oléagineux**, v. 19, n.4, p. 253-256. 1964.

BACHY, J. P. Influence de l'éclaircie naturelle sur la production du palmier à huile. **Oléagineux**, v. 10, p. 575-577, 1965.

BALDANI, J. J.; CARUSO, L.; BALDANI, V. L. D.; GOL, S. R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p.911-922. 1997.

CHEPOTE, R. E.; VALLE, R. R.; SANTANA, C. J. L. de. Resposta do dendê à adubação mineral. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas. v. 12, p. 257-262, 1988.

FAIRHURST, T. **Nutrient deficiency symptoms and disorders in oil palm (Elaeis guineensis Jacq.)**. Description, causes, prevention treatment. Singapore: Potash and Phosphate Institute, 1998. 31 p. (Pocket Guide).

GRAY, B. S.; HEW C. K. Cover crop experiments in oil palms on the west coast of Malaya. **Oil Palm Developments in Malaysia**, p. 55-65. 1968.

HARTLEY, C. W. S. **The oil palm (Elaeis guineensis Jacq.)**. 3 ed. New York: Longman, 1988. 761 p.

KNECHT, J. C. X.; RAMACHANDRAN, R.; NARAYANAN, R. Variability and other features of leaf K+Ca+Mg in oil palm leaf sampling. **Oléagineux**, Paris, v. 30, n. 3, p. 99-105, 1975.

KNECHT, J. C. X.; RAMACHANDRAN, R.; NARAYANAN, R. Variation of leaf nutrient contents with age of palms in oil palm leaf sampling. **Oléagineux**, Paris, v. 32, n. 4, p. 139-147, 1977.

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

OCHS, R.; OLIVIN, J. Le diagnostic foliaire pour le contrôle de la nutrition des échantillons foliaires. **Oléagineux**, Paris, v. 32, n. 5, p. 211-213, 1977.

OLLAGNIER, M.; OCHS, R. Management of mineral nutrition in industrial oil palm plantation. Fertilizers savings. **Oléagineux**, Paris, v. 36, n. 8-9, p. 409-421, 1981.

PACHECO, A. R.; TAILLIEZ, B. J.; SOUZA, R. L. R.; LIMA, E. J. Les déficiences minérales du palmier à huile (E. guineensis Jacq.) dans la région de Belém, Pará (Brésil). **Oléagineux**, Paris, v. 40, n. 6, p. 295-309, 1985.

PREVOT, P.; OLLAGNIER, M. Peanut and oil palm foliar diagnosis: interrelations of N, P, K, Ca and Mg. **Plant Physiology**, Rockville, v. 29, p. 26-28, 1954.

PREVOT, P.; PEYRE DE MONTBRETON, C. Étude des gradients en divers éléments minéraux selon le rang de la feuille chez le palmier à huile. **Oléagineux**, v. 13, n.3, p. 317-321. 1958.

REIS, V. M.; BALDANI, V. L. D.; DÖBEREINER, J. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. **Plant Science**, v. 19, p. 227-247. 2000.

RODRIGUES, M. do R. L. **Resposta do dendezeiro (Elaeis guineensis Jacq.) à aplicação de fertilizantes nas condições do médio Amazonas**. 1993. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

RODRIGUES, M. R. L.; MALAVOLTA, E.; CHAILLARD, H. La fumure du palmier à huile en Amazonie centrale brésilienne. **Plantations, Recherche, Développement**, v. 4, n. 6, p. 392-400, 1997.

RODRIGUES, M. R. L.; AMBLARD, P.; SILVA, E. B.; MACEDO, J. L. V.; CUNHA, R. N. V. TAVARES, A. M. **Avaliação do estado nutricional do dendezeiro: análise foliar**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2002. 9 p. (Circular Técnica, 11).

RODRIGUES, M. R. L.; CUNHA, R. N. V.; BARCELOS, E.; NOUY, B. **Desenvolvimento de sistemas sustentáveis de produção de dendê**. Relatório técnico final de projeto vinculado ao Programa 07 (Sistemas de produção de matérias primas). Brasília: Embrapa, 1999. 14 p.

SCHROTH, G.; RODRIGUES, M. R. L.; D'ANGELO, S. A. Spatial patterns of nitrogen mineralization, fertilizer distribution and roots explain nitrate leaching from mature Amazonian oil palm plantation. **Soil Use and Management**, v. 16, n. 3, p.222 - 229. 2000.

UEXKULL, H. R.; FAIRHURST, T. H. **Fertilizing for high yield and quality the oil palm**. Bern: Int. Potash Institute, 1991. 79 p.

VIÉGAS, I. J. M.; BOTELHO, S. M. Nutrição e adubação do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. J.; MÜLLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém. Embrapa Amazônia Oriental ; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.229-273.

VIÉGAS, I. J. M. **Crescimento do dendezeiro (Elaeis guineensis Jacq): concentração, conteúdo e exportação de nutrientes nas diferentes partes da planta com 2 a 8 anos de idade, cultivada em latossolo amarelo distrófico, Tailândia, Pará**. 1993. 217 f. Tese (Doutorado) ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba.