

Capítulo 13

Correção e adubação do solo

Gilberto Nava
Gustavo Brunetto
Jorge Atílio Benati
Caroline Farias Barreto
Renan Navroski
Edicarla Trentin
Carina Marchezan

Introdução

A nogueira-pecã requer solos de textura média, profundos, drenados, com acidez moderada a neutra e com boa disponibilidade de nutrientes. Assim, solos ácidos e com teores de nutrientes que não suprem a demanda da nogueira-pecã necessitam ser submetidos a calagem e adubações, visando eliminar elementos tóxicos e elevar a disponibilidade de nutrientes no solo, para satisfazer as necessidades das plantas (Ernani, 2016).

A aplicação do corretivo da acidez do solo, normalmente calcário, é realizada antes da implantação do nogueiral, para elevar o pH do solo, aumentar os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e evitar a toxidez de elementos tóxicos, especialmente, alumínio (Al^{+3}), através da sua complexação e precipitação. Com isso, obtém-se um ambiente químico favorável para o crescimento do sistema radicular, potencializando a absorção de água e nutrientes.

As adubações de correção, também conceituadas na fruticultura como de plantio ou pré-plantio, crescimento e produção/manutenção, devem ser realizadas no nogueiral. A adubação de correção é realizada antes do transplante das mudas e objetiva elevar os teores de nutrientes até os níveis críticos, mesmo que, até o presente momento, não sejam suficientemente conhecidos, por exemplo, os de fósforo (P) e potássio (K), em solos do Brasil. Os valores utilizados são aproximações, justificando a realização de pesquisas sobre o tema. Na adubação de crescimento, normalmente o nitrogênio (N) é aplicado nas nogueiras, para estimular o crescimento do sistema radicular e parte aérea. Assume-se que os demais nutrientes, como P e K, e mesmo micronutrientes requeridos pela nogueira, tenham sido aplicados na adubação de plantio. A adubação de produção/manutenção objetiva repor ao solo as quantidades de nutrientes que serão exportados pelos frutos, ajudando na manutenção dos seus teores no solo.

Neste capítulo são abordadas informações sobre calagem, adubações e, sempre que necessário, relacionadas à nutrição mineral da nogueira-pecã, com ênfase nas recomendações desde a fase de preparo do solo, de correção da acidez e da fertilidade em pré-plantio, e do manejo das adubações durante a fase de crescimento e produção. Porém, não se tem a pretensão de esgotar esses assuntos, pois ainda são escassos os resultados de pesquisas sobre calagem e adubações no Brasil. Entretanto, no presente capítulo, as informações apresentadas consideram aquelas apresentadas no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) (CQFS-RS/SC, 2016), juntamente com noções de pesquisas realizadas nas principais regiões produtoras do mundo.

Processos para recomendação de adubação

Amostragem de solo

Os solos são heterogêneos horizontalmente e verticalmente. Assim, recomenda-se a definição de áreas homogêneas, considerando-se o tipo de solo, relevo, histórico de adubação, dentre outras variáveis. Em seguida, usando normalmente trado ou pá de corte, percorre-se a área em zigue-zague, onde se recomenda a coleta de solo em 15 a 20 pontos (subamostras), média de 15, por área homogênea. O solo deverá ser coletado na camada de 0 a 20 cm nas áreas antes do transplante e no nogueiral em produção. Em áreas antes do transplante, também se pode coletar solo na camada de 20 cm a 40 cm, para monitorar os teores de nutrientes e atributos relacionados à acidez do solo em profundidade. O solo coletado deverá ser adicionado em recipiente limpo e homogeneizado manualmente. Em seguida, uma porção de solo de, aproximadamente, 500 g deverá ser pré-seca em ambiente aerado e, em seguida, enviada ao laboratório de análise de solo, preferencialmente, para aqueles credenciados às redes oficiais que controlam a qualidade das análises. No RS e SC, trata-se da Rede Oficial de Laboratório de Análises de Solos (Rolas). Os resultados da análise serão apresentados no laudo e serão interpretados por técnico capacitado, para a recomendação da calagem e das adubações.

Amostragem de tecido vegetal

A análise foliar é complementar à análise química do solo para o acompanhamento e diagnóstico do estado nutricional do pomar. A realização dessa análise é importante para o controle da aplicação de nutrientes no pomar, para evitar deficiências e toxicidade de nutrientes, bem como para garantir o crescimento e produtividade das plantas.

As coletas de tecido devem ser realizadas no mês de fevereiro, coletando-se o par de folíolos central das folhas localizadas na porção média dos ramos, nos quatro quadrantes das plantas. Cada amostra deve ser composta por aproximadamente 100 folíolos, coletados de 8 plantas representativas da área amostrada (CQFS-RS/SC, 2016). É importante destacar que o material coletado deve estar isento de lesões ocasionadas pelo ataque de doenças ou insetos; além disso, folhas com sintomas visíveis de deficiência ou toxidez nutricional não devem ser misturadas com folhas saudáveis, ou seja, cada amostra deve representar uma condição nutricional das plantas (Fronza et al., 2013). As amostras devem ser coletadas utilizando-se luvas de látex para evitar a contaminação das amostras, as quais devem ser acondicionadas em sacos de papel limpos e enviadas imediatamente ao laboratório para a análise. Caso o envio para o laboratório não seja imediato, as amostras devem ser secas ao sol (Fronza et al., 2013).

A partir da realização da determinação das concentrações de nutrientes no tecido, tem-se um diagnóstico do estado nutricional das plantas, o qual é realizado de acordo com níveis considerados como adequados em folhas de nogueira-pecã, conforme a Tabela 13.

Tabela 1. Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de noqueira-pecã.

| Nutriente | Faixa (%) | Faixa (mg/kg) |
|-----------|-------------|---------------|
| N | 2,50 - 2,90 | (-) |
| P | 0,13 - 0,30 | (-) |
| K | 0,75 - 0,95 | (-) |
| Ca | 0,70 - 1,50 | (-) |
| Mg | 0,30 - 0,60 | (-) |
| B | (-) | 20 - 45 |
| Cu | (-) | 5 - 15 |
| Fe | (-) | 50 - 100 |
| Mn | (-) | 150 - 500 |
| Zn | (-) | 50 - 100 |

(-) Não aplicável.

Fonte: adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Calagem e gessagem

Calagem

A dose de calcário a ser aplicada nos estados do RS e SC é estabelecida de acordo com o Índice SMP, para elevar o pH em água até 6,0 (CQFS-RS/SC, 2016) (Tabela 2). A dose recomendada, considerando-se o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) de 100%, deve ser aplicada na camada de 0 a 20 cm. Entretanto, antes do transplante das noqueiras-pecã, o calcário deve ser aplicado ao solo, preferencialmente, na camada de 0 a 30 cm. Quando essa for a opção, deve ser aplicado 1,5 vez a dose de calcário recomendada para a camada de 0 a 20 cm.

Tabela 2. Quantidades de calcário (PRNT 100%) estimadas pelo Índice SMP, para elevar o pH em água até 6,0, na camada de 0 a 20 cm.

| Índice SMP | Calcário (t/ha) | Índice SMP | Calcário (t/ha) |
|------------|-----------------|------------|-----------------|
| 4,4 | 21,0 | 5,8 | 4,2 |
| 4,5 | 17,3 | 5,9 | 3,7 |
| 4,6 | 15,1 | 6,0 | 3,2 |
| 4,7 | 13,3 | 6,1 | 2,7 |
| 4,8 | 11,9 | 6,2 | 2,2 |
| 4,9 | 10,7 | 6,3 | 1,8 |
| 5,0 | 9,9 | 6,4 | 1,4 |
| 5,1 | 9,1 | 6,5 | 1,1 |
| 5,2 | 8,3 | 6,6 | 0,8 |
| 5,3 | 7,5 | 6,7 | 0,5 |
| 5,4 | 6,8 | 6,8 | 0,3 |
| 5,5 | 6,1 | 6,9 | 0,2 |
| 5,6 | 5,4 | 7,0 | 0,0 |
| 5,7 | 4,8 | (-) | (-) |

(-) Dado não aplicável.

Fonte: adaptado CQFS-RS/SC (2016).

Em áreas a serem incorporadas ao sistema de produção de nozes, o calcário deverá ser aplicado em área total, sobre a superfície do solo. Logo depois, o calcário deverá ser incorporado ao solo (camadas de 0 a 20 cm ou 0 a 30 cm), por meio de operações de subsolagem, escarificação, aração e/ou gradagem. Para uma adequada incorporação do calcário, sugere-se a seguinte sequência de operações:

- Aplicação da dose inteira de calcário, quando ela for menor que 5 t/ha. Em doses maiores, a aplicação da dose de calcário deverá ser realizada em duas vezes.
- Subsolação/escarificação, quando necessário (se o solo estiver compactado) – duas vezes, sendo a segunda passada do subsolador no sentido perpendicular à primeira.
- Aplicação da outra metade do calcário (nessa etapa também podem ser aplicados juntos os fertilizantes fosfatados, potássicos e micronutrientes).
- Aração, seguida de gradagem. A gradagem poderá ser realizada próximo ao transplante das mudas.

Em áreas declivosas (propensas à erosão) e com alta pedregosidade pode se restringir a aplicação do calcário apenas à faixa de plantio, com o ajuste correspondente da dose de calcário em função da largura da faixa a ser corrigida (Gleber et al., 2019). Nesse caso, as áreas das entrelinhas não corrigidas antes do transplante das mudas deverão ser submetidas, nos anos subsequentes, a aplicações superficiais das doses de calcário. Porém, nunca em quantidades maiores que 5 t/ha.

Preferencialmente, os calcários dolomíticos devem ser aplicados. Isso porque, normalmente, possuem o menor custo e são fonte de Ca e Mg. Em geral, não se recomenda o uso de calcários calcíticos, exceto em situações em que os teores de Mg estejam em níveis já considerados altos no solo. O calcário a ser usado deverá apresentar alto poder de neutralização (PN), sem necessariamente ter elevado poder relativo de neutralização total (PRNT), mas sempre considerando-se a atual legislação brasileira, que exige PRNT mínimo de 45%. Caso o valor seja favorável, pode-se usar calcário de partículas mais grossas (porém, nunca superiores a 2 mm), o que poderá aumentar o efeito residual do calcário. No entanto, deve-se atentar ao período de implantação do pomar, pois, dependendo das características do calcário escolhido, pode levar aproximadamente 3 a 12 meses após a aplicação para se atingir o pH desejado.

Uma nova aplicação de calcário pode ser realizada nos pomares em produção. Normalmente, em pomares de frutíferas, entre eles, os de nogueira-pecã, acontece a acidificação das camadas superficiais do solo ao longo do tempo. Isso acontece porque a acidificação é um processo natural, mas que é intensificada pela ação antrópica, especialmente, por causa das aplicações superficiais de fertilizantes, como os nitrogenados e fosfatados. Assim, inicialmente, recomenda-se monitorar a acidez solo, mediante análise. Quando diagnosticada a necessidade de nova aplicação, que acontece quando o pH em água for menor que 5,5; deverá ser aplicada $\frac{1}{2}$ da dose de calcário indicada pelo Índice SMP. A dose a ser aplicada não deverá ser maior que 5 t/ha. O calcário deverá ser aplicado na superfície do solo e em área total. Diferentemente da fase de correção, em pomares já implantados, preferencialmente, os calcários com partículas mais finas deverão ser aplicados. Isso porque se espera maior velocidade das reações de dissolução e dissociação, o que poderá incrementar rapidamente os valores de pH, Ca e Mg, e se refletirá no aumento dos valores de saturação por bases. Além disso, espera-se maior velocidade na complexação de Al^{+3} , diminuindo os valores de saturação por Al. Normalmente, não se recomenda a incorporação de calcário em solos de pomares em produção. Isso porque, nas condições de clima subtropical, essa operação geralmente ocasiona danos físicos ao sistema radicular, o que poderá potencializar a incidência de doenças.

Gessagem

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – sulfato de cálcio di-hidratado), subproduto da produção de ácido fosfórico, também pode ser usado para suprir Ca às plantas. Na sua composição química básica, o gesso agrícola contém Ca (17% a 20%), enxofre (14% a 17%) e água livre (15% a 20%). O gesso, além de ser uma fonte desses nutrientes às plantas, atua em diversos processos físico-químicos no perfil do solo, como condicionador (Sumner et al., 1986; Vitti et al., 2008). O seu uso tem se estendido a solos ácidos inférteis para redução dos danos causados pela acidez no subsolo (Pavan et al., 1987; Carvalho; Raij, 1997), redução do encrostamento superficial de solos que contêm argilas que se dispersam em água (Raij, 2008), e redução da resistência à penetração das raízes em solos com camadas subsuperficiais adensadas (Sumner et al., 1986; Raij, 2008). O gesso promove o desenvolvimento radicular em solos deficientes em Ca ou com saturação por Al elevada, nos quais o gesso reduz a atividade do Al e alivia os efeitos de toxidez provocados por esse elemento ao sistema radicular (Ritchey et al., 1982; Alcarde; Rodella, 2003; Raij, 2008).

Diferentemente do calcário, o gesso não altera o pH e as cargas elétricas do solo (Ernani et al., 2001) e, por isso, grande parte do Ca aplicado permanece na solução do solo, enquanto outra parte vai para as cargas negativas, de onde desloca outros cátions para a solução (Ernani; Barber, 1993; Ernani et al., 2001). Como o gesso também mantém o ânion SO_4^{2-} na solução, a mobilidade do Ca no perfil do solo é muito maior quando aplicado via gesso do que na forma de calcário (Ernani, 1986). Essa é uma das principais vantagens do uso do gesso em relação ao calcário, quando aplicados na superfície do solo. O gesso interage de forma diferenciada com o solo, dependendo do teor de matéria orgânica e da natureza da mineralogia da fração argila (Raij, 2008). A lixiviação de Mg (Rosolem; Machado, 1984; Oliveira; Pavan, 1996; Caires et al., 1999, 2003 e 2006; Ernani et al., 2006) e de K (Quaggio et al., 1982; Rosolem; Machado, 1984; Ernani et al., 2006) tem sido algumas das desvantagens atribuídas ao uso do gesso agrícola, principalmente em solos arenosos.

A aplicação de 1 t/ha de gesso com 15% de umidade adiciona, aproximadamente, 200 kg de Ca ao solo. Essa quantidade eleva o seu teor na camada de solo entre 0 e 20 cm em cerca de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Essa informação é importante para estimar a quantidade de gesso necessária, quando se deseja elevar os teores de Ca no solo a um determinado valor. Entretanto, não há recomendação oficial de doses nem mesmo de frequência de aplicação do gesso para solos utilizados em plantio com nogueira.

Adubação

Adubação de pré-plantio

Na adubação de pré-plantio normalmente recomenda-se aplicar P, K, zinco (Zn) e boro (B). As quantidades de fertilizantes fosfatados e potássicos necessárias em pré-plantio dependem da disponibilidade de P e K no solo. Na interpretação dos teores de P no solo é considerado o teor de argila, uma vez que a capacidade de extração do método (normalmente o Mehlich-1) em laboratório é mais baixa em solos que contêm alto teor de argila. Isso porque, em solos com maiores teores de argila, especialmente onde na sua fração predominam óxidos de ferro (Fe) e Al, é maior a adsorção de P. Para o K, as faixas de interpretação dos seus teores no solo variam conforme a capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0. Na Tabela 3 são apresentadas as classes de interpretação de disponibilidade de P e de K no solo, para a nogueira-pecã cultivada no RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 3. Classes de interpretação dos teores de fósforo (P) e potássio (K) no solo para espécies frutíferas, extraídos pelo método de Mehlich-1, conforme o teor de argila e a CTCpH_{7,0}, respectivamente.

| Interpretação P | Classe de teor de argila | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Classe de disponibilidade | % de argila | | | |
| | > 60 | 60 a 41 | 40 a 21 | ≤ 20 |
| ----- mg de P dm ⁻³ ----- | | | | |
| Muito baixo | ≤ 3,0 | ≤ 4,0 | ≤ 6,0 | ≤ 10,0 |
| Baixo | 3,1 – 6,0 | 4,1 – 8,0 | 6,1 – 12,0 | 10,1 – 20,0 |
| Médio | 6,1 – 9,0 | 8,1 – 12,0 | 12,1 – 18,0 | 20,1 – 30,0 |
| Alto | 9,1 – 12,0 | 12,1 – 24,0 | 18,1 – 36,0 | 30,1 – 60,0 |
| Muito alto | > 12 | > 24,0 | > 36,0 | > 60,0 |
| Interpretação K | CTC pH _{7,0} do solo | | | |
| | ≤7,5 | 7,6 a 15,0 | 15,1 a 30,0 | > 30,0 |
| ----- mg de K/dm ³ ----- | | | | |
| Muito baixo | ≤ 20 | ≤ 30 | ≤ 40 | ≤ 45 |
| Baixo | 21 – 40 | 31 – 60 | 41 – 80 | 46 – 90 |
| Médio | 41 – 60 | 61 – 90 | 81 – 120 | 91 – 135 |
| Alto | 61 – 120 | 91 – 180 | 121 – 240 | 136 – 270 |
| Muito alto | > 120 | > 180 | > 240 | > 270 |

Fonte: adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Os fertilizantes fosfatados e potássicos devem ser aplicados a lanço sobre a superfície do solo, em área total e, em seguida, incorporados ao solo por meio de aração e gradagem. Os fertilizantes fosfatados e potássicos devem ser aplicados no solo, sempre que os teores de P e K foram interpretados como “muito baixo”, “baixo”, “médio” ou “alto”, de acordo com os valores apresentados na Tabela 4. Quando os teores forem interpretados como “muito alto”, não se recomenda a aplicação de P e K, na adubação de pré-plantio.

Tabela 4. Quantidades de fósforo e potássio recomendadas em pré-plantio para as espécies frutíferas, em função dos teores de fósforo (P) e potássio (K) disponíveis no solo.

| Interpretação do teor de P e K no solo | Fósforo | Potássio |
|--|---------------------------------------|--------------------------|
| | P ₂ O ₅ (kg/ha) | K ₂ O (kg/ha) |
| Muito baixo | 250 | 150 |
| Baixo | 170 | 90 |
| Médio | 130 | 60 |
| Alto | 90 | 30 |
| Muito alto | 0 | 0 |

Fonte: adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Quando utilizados fosfatos naturais como fonte de P, estes devem ser aplicados em torno de três meses antes da calagem, uma vez que, reagem melhor quando os valores de pH do solo são mais baixos. No caso dos fosfatos solúveis, como superfosfato simples, superfosfato triplo, MAP e DAP, podem ser aplicados e incorporados juntamente com a segunda dose de calcário, ou mesmo depois da calagem. Os superfosfatos triplos e simples são as fontes mais comuns de fosfatos solúveis, sendo que o primeiro geralmente apresenta um menor custo por unidade de P_2O_5 . O termofosfato yoorin também pode ser utilizado para correção dos teores de P em pré-plantio.

Em relação às fontes de K, o cloreto e o sulfato de K geralmente são as fontes mais utilizadas. Elas podem ser aplicadas sobre o solo e, em seguida, incorporadas, conforme estabelecido para o P. A escolha de uma ou outra fonte deve sempre levar em consideração o custo por unidade do nutriente em questão, bem como sua eficiência agronômica.

Os fertilizantes orgânicos, como dejetos de animais, composto orgânico, tortas, etc., também podem ser aplicados como fonte única de P e K, ou mesmo complementar. Caso esta seja a opção, sugere-se definir as doses dos resíduos orgânicos, de acordo com as recomendações propostas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2016), contidas no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Na adubação de pré-plantio, também é indicado que sejam adicionados 2 kg/ha a 3 kg/ha de B (CQFS-RS/SC, 2016). É importante enfatizar que a nogueira-pecã é sensível ao excesso de B e, por isso, as fontes do nutriente devem ser distribuídas de forma uniforme, evitando zonas de concentração, o que poderia causar toxidez. Uma alternativa para facilitar a aplicação é com o auxílio de um pulverizador, o qual possibilita a distribuição de pequenas quantidades de B de forma homogênea no solo. No mercado são encontradas diversas fontes de B, dentre as quais, o ácido bórico, bórax, ulexita, colemanita, etc.

Outro micronutriente que deve ser aplicado é o Zn, uma vez que a nogueira-pecã é bastante exigente por esse nutriente (Sparks; Payne, 1982). Assim, na implantação do pomar e, principalmente, quando os teores no solo são considerados “médios” ou “baixos”, recomenda-se aplicar de 10 kg/ha a 15 kg/ha de Zn, respectivamente, podendo-se utilizar o sulfato de zinco como fonte do nutriente.

Adubação de crescimento

Na adubação de crescimento, em geral, recomenda-se a aplicação de fertilizantes nitrogenados. As quantidades de nitrogênio (N) são definidas com base no teor de matéria orgânica e idade do pomar, especialmente porque grande parte do N no solo está na forma de N orgânico (Tabela 5) (CQFS-RS/SC, 2016). Os teores de formas de N mineral no solo, principalmente o nitrato (NO_3^-), que é a forma mais estável de N no solo; não são usados para definir a necessidade e dose de N a ser aplicada, por causa da oscilação dos seus teores ao longo do tempo. Portanto, recomenda-se que a dose de N seja fracionada em três vezes a cada 45 dias, próximo às raízes e na projeção da copa das árvores. A primeira aplicação tem por objetivo atender a demanda de N no período da primavera, devendo ser realizada em torno de três semanas após o início da brotação, quando os ramos e as folhas em crescimento já utilizaram a maior parte da reserva de N da planta (Kraimer et al., 2004; Smith et al., 2012).

Tabela 5. Quantidades de nitrogênio (kg/ha de N) a serem aplicadas durante a fase de crescimento da noqueira-pecã.

| Matéria orgânica (%) | Quantidade de N (kg/ha) | | | | | |
|----------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1º ano | 2º ano | 3º ano | 4º ano | 5º ano | 6º ano |
| ≤ 2,5 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 2,6 a 5,0 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 |
| > 5,0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |

Fonte: adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Durante a formação do pomar é possível a utilização de fontes orgânicas. Diversos estudos têm demonstrado a melhor eficiência dos adubos orgânicos, principalmente na fase de crescimento e formação de frutíferas, em videiras (Melo et al., 2012; Lorensini et al., 2014), pessegueiro (Sete et al., 2015) e tangerina Ponkan (Almeida et al., 2005). Para tanto, é preciso conhecer o teor de N presente em tais fertilizantes, ajustando-se assim a dose necessária a ser aplicada.

Adubação de produção/manutenção

• Adubação nitrogenada

O N é requerido em grande quantidade pela noqueira-pecã e sua deficiência pode provocar baixo desenvolvimento da planta, reduzindo o crescimento da parte aérea e do sistema radicular. Os sintomas visuais da deficiência do nutriente incluem amarelecimento de forma generalizada, contudo, com mais intensidade nas folhas velhas, tendo em vista que o N é um nutriente de alta mobilidade na planta (Epstein; Boom, 2006; Taiz et al., 2017). A deficiência severa de N na noqueira-pecã pode originar nozes pequenas e mal-formadas, além de senescência e desfolhamento durante o preenchimento dos frutos (Storey et al., 1986; Heerema, 2013). Por outro lado, o uso de N em excesso pode promover necrose foliar (Sparks, 1977) e crescimento vegetativo excessivo, resultando na diminuição da frutificação (Heerema, 2014).

Para as condições do Sul do Brasil (RS e SC), a dose de N recomendada em manutenção (Tabela 6) considera a expectativa de produção e as possíveis perdas ocasionadas pela poda. Recomenda-se parcelar a dose de N em três épocas, a cada 45 dias. Na primeira época, aplicar 50% da dose, três semanas após o início da brotação, uma vez que há uma grande demanda de N pelas plantas nesse período. A segunda época de aplicação, 30% da dose, objetiva atender altos níveis de N, demandado quando as frutas estão entrando no estágio de preenchimento do fruto. Por fim, a terceira aplicação, 20% da dose, visa fornecer condições para as plantas armazenarem N em órgãos perenes como raízes e ramos, favorecendo a brotação na estação seguinte (Kraimer et al., 2004; Rey; Lindemann, 2006; Smith et al., 2012; Havlin et al., 2014). Alguns estudos relatam que a escassez de N durante os períodos de pré e pós-colheita, em anos produtivos, contribuem para a alternância de produção (Goff et al., 2001; Kraimer et al., 2004). A eficiência da absorção não depende apenas da disponibilidade de N e sua taxa de aplicação, mas também do tipo e da época de aplicação do adubo e das condições ambientais, que, somadas às práticas culturais, de manejo do solo e da expectativa de rendimento, definirão a quantidade ideal a ser aplicada (Ye et al., 2008; Wells, 2011).

Tabela 6. Quantidades de nitrogênio (N) a ser aplicado durante a fase produtiva da noqueira-pecã, conforme a produtividade esperada.

| Produtividade esperada (t/ha) | | |
|-------------------------------|-----------|------|
| <1,5 | 1,5 a 3,0 | >3,0 |
| Quantidade de N (kg/ha) | | |
| 100 | 200 | 300 |

Fonte: adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

As plantas absorvem o N principalmente em duas formas: como nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+). O NO_3^- é suscetível à lixiviação, logo, sob condições de irrigação excessiva ou intensa precipitação pluviométrica, pode se movimentar no perfil do solo, atingindo profundidades nas quais as plantas não conseguirão absorvê-lo. Também pode ser perdido por desnitrificação, um processo que converte NO_3^- em formas gasosas, especialmente em condições de solo com excesso de umidade. Por outro lado, a ureia, quando convertida em NH_4^+ e, posteriormente, em amônia (NH_3), pode volatilizar a partir da superfície, particularmente em solos com alto pH e sob condições de elevadas temperaturas (Havlin et al., 2014). Em razão disso, recomenda-se realizar a adubação anteriormente à irrigação ou chuva, e evitar a aplicação em dias com elevada temperatura. O uso de fertilizantes com inibidores da urease reduz significativamente as perdas de N após a aplicação da ureia, a qual geralmente é a fonte mais barata de N.

Devido à dinâmica do N e à necessidade de absorção desse nutriente ao longo do período de crescimento e produtivo, outra forma de reduzir as perdas é o parcelamento da adubação nitrogenada. Diversos estudos analisaram o momento ideal da aplicação de fertilizantes nitrogenados para nogueiras (Kraimer et al., 2004; Smith et al., 2012), os quais concluíram que o melhor momento de realizar tal prática é no início da primavera, podendo estender-se até o final do verão.

Em um estudo de longa duração (8 anos) realizado na Geórgia (EUA), com doses de 112 kg a 224 kg de N por hectare, verificou-se que não houve diferenças de rendimento. Contudo, houve uma tendência de aumento no número de nozes na dose mais alta de N. Nesse estudo, as árvores mais produtivas apresentaram teores de 2,5% de N nas folhas (Worley, 1991). Em anos considerados “alternantes”, mais evidentes em cultivares como Barton, Cheyenne, Elliott, Jackson, Mahan, Moneymaker, Shoshoni, Shawnee e Success, é recomendável que a adubação de manutenção seja reduzida em 50%. Com isso, evita-se que haja vigor excessivo, bem como o aparecimento de ramos improdutivos (CQFS-RS/SC, 2016).

Embora a recomendação das quantidades do fertilizante nitrogenado dependa de diversos fatores, como já mencionado anteriormente, esse ajuste deverá ser realizado seguindo um monitoramento do estado nutricional das plantas, por meio de análises foliares periódicas. As faixas de teores de N consideradas adequadas diferenciam-se entre regiões produtoras (Tabela 7). Para os estados do RS e SC, consideram-se teores entre 2,5% e 3,0% de N nas folhas como sendo ideais para a cultura da noqueira-pecã (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 7. Faixas de teores foliares de nitrogênio (N) consideradas como ideais pela literatura técnica para noqueira-pecã.

| N (%) | Local | | | | |
|-------------|-------------------|---------------|------------------------|--------------------|-------------------|
| | Novo México (EUA) | Texas (EUA) | Arizona (EUA) | Chihuahua (México) | RS (Brasil) |
| Teor foliar | 2,5 – 3,0 | 2,5 – 4,0 | 2,3 – 2,7 | 2,5 – 2,8 | 2,5 – 3,0 |
| Fonte | Herrera (1998) | Storey (1997) | Walworth et al. (2005) | Meraz (1999) | CQFS-RS/SC (2016) |

Em plantas adultas, é necessário observar o crescimento dos ramos terminais da parte superior, para fins de ajuste de recomendação da adubação nitrogenada. Em plantas com crescimento inferior a 15 cm, considera-se que o aporte de N está insuficiente. Entretanto, em plantas com ramos maiores que 30 cm, há indicativo de que o N está sendo utilizado em excesso (Barrios et al., 2009).

Em locais com grande oferta de esterco (regiões de criação de aves, suínos, bovinos) e outros resíduos orgânicos, é possível substituir parte do fertilizante mineral por uma fonte de origem orgânica, a qual possui algumas vantagens, como lenta liberação de N, além da melhoria das qualidades químicas, físicas e biológicas do solo. Contudo, ressalta-se o custo e a disponibilidade desses adubos, assim como a necessidade

de compensar quantitativamente os teores de N a serem aplicados de acordo com seu índice de conversão (CQFS-RS/SC, 2016). O uso conjunto de adubos orgânicos e minerais permite equilibrar o fornecimento de nutrientes para a noqueira-pecã, uma vez que a proporção dos nutrientes contidos nos adubos orgânicos dificilmente atenderá a demanda da cultura.

Uma das técnicas recomendadas para manejo sustentável do pomar é a inclusão de plantas de cobertura, especialmente espécies leguminosas, as quais possuem a capacidade da fixação biológica de nitrogênio (Perin et al., 2004). Posteriormente, durante o processo de decomposição da matéria seca e da mineralização dos nutrientes, esses são disponibilizados às culturas. É importante considerar previamente que nem todo o N condicionado via adubação verde estará disponível à cultura (Diniz et al., 2007; Matos et al., 2011), entretanto, no médio e longo prazo, esse manejo poderá auxiliar na qualidade e longevidade do pomar.

Para as condições brasileiras, os estudos sobre adubação em noqueira-pecã ainda são escassos. Em relação ao N, ensaios de curvas de respostas da planta ao N, para as diversas regiões de cultivo, poderão subsidiar melhor a adubação nitrogenada no futuro para as condições edafoclimáticas do Brasil.

• Adubação fosfatada

Nas plantas, o P tem como principais funções a participação no metabolismo energético, na geração de ATP (Marschner 2012) e como constituinte de moléculas de DNA, RNA e lipídios que formam as membranas celulares (Smith; Cheary 2013). Em noqueira-pecã, tem-se reportado que o P é essencial para o armazenamento de energia, crescimento da planta e produção de nozes (Wells, 2007), além de estimular o crescimento radicular (Smith, 2009; Smith; Cheary, 2013). Além disso, o P é crucial para o desenvolvimento das nozes durante a sua fase final de crescimento.

A deficiência de P causa cor verde-intenso nas folhas, ausência de clorose internerval (Wells, 2010), necrose marginal nas folhas mais velhas e desfolha parcial (Smith; Cheary, 2013). Esses últimos sintomas de deficiência são atribuídos ao fato do P ser móvel no floema, diminuindo rapidamente nas folhas, à medida que é transportado para os frutos em desenvolvimento na última parte da estação de crescimento (Smith, 2009). O acúmulo de P nos frutos é primariamente na forma de fosfolipídios, que são usados como substrato na síntese de ácidos graxos insaturados e armazenados como hexafosfato de inositol (Chesworth et al., 1998). Essa rápida translocação de P para os frutos e consequente depleção de P nas folhas pode causar necrose foliar e desfolhamento parcial, quando o P estiver limitante no solo (Smith, 2010; Sparks, 1977).

No solo, o P tem baixa mobilidade, logo, suas perdas por lixiviação são pouco expressivas, principalmente em solos argilosos. Além disso, a exemplo da maioria das frutíferas, a exportação de P pela colheita é baixa, quando comparada ao N e ao K. Segundo Sparks (1977), para cada tonelada de nozes produzida são exportados 1,93 kg de P, o que representa cerca de 4,42 kg de P_2O_5 .

Normalmente, as frutíferas são pouco responsivas à adubação fosfatada e, por isso, não há necessidade de se aplicar P nos primeiros anos de produção. Isso acontece, especialmente, porque a noqueira-pecã e outras frutíferas possuem reservas de compostos fosfatados no interior da planta, em especial, em órgãos perenes, como raízes, caules e ramos de mais de um ano; podem redistribuir compostos fosfatados de órgãos perenes para órgãos anuais, e de órgãos anuais para órgãos perenes; possuem sistema radicular que ocupa profundas camadas de solo; e podem possuir mecanismos capazes de solubilizar compostos insolúveis de P, aumentando a sua disponibilidade. No entanto, também podem possuir simbiose com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que podem aumentar o volume de solo explorado pelas raízes, aumentando a absorção de água e nutrientes. Aliado a isso, acredita-se que a mineralização de formas de P orgânicas no solo podem contribuir para suprir parte da demanda de nutrientes pela planta. Entretanto, ressalta-se a necessidade do acompanhamento dos teores disponíveis de P no solo, bem como os seus teores totais na planta, através da análise foliar, para definição da necessidade de adubações fosfatadas futuras.

Na fase de produção ou manutenção, para a maioria das regiões, as recomendações de adubação fosfatada são realizadas com base na análise foliar. Diversos autores em diferentes partes do mundo utilizam diferentes faixas ideais de concentração de P nas folhas de nogueira-pecã (Tabela 8). No estado do Mississippi (EUA), a recomendação de adubação de manutenção indica 112 kg/ha de P_2O_5 , quando a concentração foliar for menor que 0,14% de P. Acima desse teor, não é recomendada a aplicação de P (Stafne et al., 2017). Essa mesma recomendação é utilizada para o estado americano de Oklahoma (Smith et al., 2012). Entretanto, deve-se utilizar a recomendação brasileira, pois o uso de valores de referência de outros países está sujeito a erros, principalmente devido à diferença das condições climáticas e de solo. Apesar de existirem poucos estudos com adubação nas condições brasileiras, as recomendações feitas pela CQFS-RS/SC (2016) abrangem um conjunto de fatores intrínsecos da região, fazendo com que sejam as mais adequadas à cultura.

Tabela 8. Faixas de teores foliares de fósforo (P) consideradas como ideais pela literatura técnica para nogueira-pecã.

| P (%) | Local | | | | |
|-------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|
| | México/ Argentina | Texas (EUA) | Arizona (EUA) | (...) | RS (Brasil) |
| Teor foliar | 0,12 – 0,20 | 0,12 – 0,30 | 0,12 – 0,15 | 0,10 – 0,30 | 0,14 – 0,30 |
| Fonte | Aguirre (2004) | Stein; Storey (2012) | Walworth et al. (2005) | Jones et al. (2012) | CQFS-RS/SC (2016) |

(-) Não disponível.

No Brasil, a faixa considerada ideal situa-se entre 0,14% e 0,30% de P nas folhas (CQFS-RS/SC, 2016). A adubação de manutenção deve ser realizada com base na exportação do nutriente, sendo que, para cada tonelada de nozes produzida, são recomendados 4,6 kg de P_2O_5 por hectare por ano. Os fertilizantes fosfatados, preferencialmente, devem ser aplicados ao longo das filas de plantio, sobre a área da projeção da copa em superfície, sem incorporação, em dose única durante o mês de julho. Outra opção, caso verificada a viabilidade: o fertilizante fosfatado poderá ser aplicado em pequenas covas/covetas, também na projeção da copa das árvores. Mas, convém destacar, que nessa fase não se recomenda intensa mobilização do solo para incorporação do fertilizante, para evitar danos mecânicos às raízes (CQFS-RS/SC, 2016).

As principais fontes minerais de P são o fosfato monoamônico ou MAP (9% de N e 48% de P_2O_5) e fosfato diamônico ou DAP (17% de N e 45% de P_2O_5), superfosfato simples ou supersimples (18% de P_2O_5 e 16% a 20% de Ca), superfosfato triplo ou supertriplo (41% de P_2O_5 e 10 a 14% de Ca).

Vale ressaltar que há uma relação entre os nutrientes, que em alguns casos pode ser antagônica ou sinérgica. Um exemplo comum é que a aplicação de P em excesso pode causar deficiência de Zn, tendo em vista que o P pode reduzir a absorção de Zn. Desse modo, é essencial o acompanhamento do estado nutricional das plantas, seja mediante análise foliar ou análise de solo para se obter o equilíbrio nutricional e, consequentemente, a aplicação dos recursos de forma economicamente rentável e ambientalmente correta.

• Adubação potássica

Entre as funções que o K exerce nas plantas, destacam-se a ativação de diversas enzimas, a participação no transporte através da membrana, expansão celular, regulação estomática e acúmulo de carboidratos (Pallardy, 2008; Marschner, 2012). Sintomas mais leves da deficiência de K iniciam como uma clorose internerval e, à medida que as concentrações desse nutriente diminuem ao longo do ciclo, ocorre necrose nas bordas das folhas, além de isso afetar negativamente a indução floral e o desenvolvimento das flores (Smith; Cheary, 2013).

Na noqueira-pecã, a maior parte do K encontra-se na cápsula (*shuck*) (85%), seguida pela noz (13%) e casca (2%) (Smith, 2009). O transporte de K das folhas para os frutos geralmente acelera as deficiências desse nutriente, principalmente em anos de safras com alta produtividade. Essas deficiências podem induzir desfolhamento prematuro, nozes pequenas e chochas (Wells, 2017).

Na fase de produção ou manutenção, as recomendações de adubação potássicas são realizadas com base na análise foliar para a maioria das regiões produtoras de noqueira-pecã. Na Tabela 9, estão apresentadas as faixas de valores consideradas adequadas, de acordo com cada região produtora. Observa-se que os valores encontram-se entre 0,75% a 2,5% de K em folhas de noqueira-pecã. No Brasil, para os estados de RS e SC, considera-se a faixa adequada de 1,3% a 2,5% de K em folhas (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 9. Intervalos de valores considerados adequados para potássio (K) nas folhas de noqueira-pecã.

| K (%) | Local | | | | |
|-------------|-------------------|---------------|------------------------|---------------|-------------------|
| | Novo México (EUA) | Texas (EUA) | Arizona (EUA) | Geórgia (EUA) | RS (Brasil) |
| Teor foliar | 0,9 – 1,2 | 0,75 – 1,25 | 1,01 – 1,51 | 0,75 – 2,5 | 1,3 – 2,5 |
| Fonte | Herrera (1998) | Storey (1997) | Walworth et al. (2005) | Plank (1988) | CQFS-RS/SC (2016) |

Para manter a nutrição ideal na noqueira-pecã é necessário o monitoramento conjunto dos níveis foliares de N e K. Quando o teor de K nas folhas estiver próximo dos níveis mínimos, uma aplicação excessiva de N intensificará ainda mais a ocorrência de sintomas visuais de deficiência de K. Segundo Wells e Wood (2007), a relação N/K da folha deve ser mantida em torno de 2:1 para a maioria das cultivares, a fim de evitar a queima das folhas e manter a alta produtividade dos pomares.

No Brasil, a adubação na fase de produção ou manutenção para a cultura da noqueira-pecã é baseada na expectativa de rendimento. Recomenda-se aplicar anualmente 4,8 kg/ha de K_2O por tonelada de nozes produzida (CQFS-RS/SC, 2016). Em outros países, como na Argentina, recomenda-se aplicar de 80 kg/ha a 100 kg/ha por tonelada de nozes ou 800 g a 1.000 g por planta (Medeiro et al., 2016).

A adubação potássica deverá ser realizada no mês de julho, sobre a superfície do solo, na área da projeção da copa das plantas e sem incorporação (CQFS-RS/SC, 2016). As principais fontes de K disponíveis para os produtores são o cloreto de potássio (58% de K_2O), sulfato de potássio (48% de K_2O) e nitrato de potássio (13% de N e 44% de K_2O), sendo o cloreto e o sulfato de potássio os mais utilizados.

• Adubações com micronutrientes

A adubação com micronutrientes deve ser realizada com cautela, de acordo com análise de solo e tecido, em casos de carência nutricional, visando evitar distúrbios fisiológicos nas plantas. A adubação foliar, quando necessária, é uma das melhores formas de aplicação de micronutrientes, em virtude das pequenas quantidades aplicadas.

O zinco (Zn) é um dos micronutrientes mais exigidos pela cultura da noqueira-pecã, em especial em áreas com solo mais arenoso ou com calagem excessiva, onde esse nutriente está menos disponível para absorção pelas plantas (Fronza et al., 2013). O Zn desempenha papel importante no metabolismo de carboidratos, proteínas e fosfatos, auxinas, regulação da expressão de genes, integridade estrutural do ribossomo, além da síntese enzimática (desidrogenases, aldolases, isomerases, proteinases, peptidases) (Kabata-Pendias, 2011; Marschner et al., 2011). Em caso de deficiência de Zn em noqueira-pecã, ocorre a formação de “rosetas”,

caracterizadas pela clorose e estreitamento das folhas, e ondulação ou torção nas bordas de folhas jovens (Wells, 2010). Assim, é importante verificar as concentrações de Zn no solo e tecido para recomendação de dose e necessidade de complementação de adubação com Zn. A aplicação de Zn é recomendada quando a concentração nas folhas for menor que 50 ppm e forem observados sintomas visuais de deficiência de Zn (Wells, 2010).

A deficiência de níquel (Ni) em noqueira-pecã também resulta em distúrbio fisiológico, conhecido como “orelha de rato”. O Ni é importante para o funcionamento da enzima urease, na conversão de ureia em amônia (Marschner et al., 2011). A deficiência de Ni afeta especialmente plantas jovens, sendo caracterizada pela redução do tamanho dos folíolos e arredondamento da ponta dos folíolos, com necrose no ápice dos folíolos, em função do acúmulo de ácido láctico (Wells, 2012). No Brasil, não há recomendação oficial para aplicação de Ni na espécie (Fronza et al., 2013). Nos Estados Unidos, folhas de noqueira-pecã com concentração de Ni inferior a 3 ppm podem apresentar sintomas por deficiência desse elemento, sendo que os níveis de Ni nas folhas deve estar entre 5 e 15 ppm (Wells, 2012).

A deficiência de ferro (Fe) em noqueira-pecã pode ocorrer no início do crescimento, mas geralmente desaparece à medida que a temporada avança (Fronza et al., 2013). O sintoma de deficiência de Fe é a clorose internerval, observada primeiramente nas folhas jovens (Wells, 2010). O Fe é constituinte de várias proteínas e catalizador em reações enzimáticas, participa da síntese de clorofila, fotossíntese, redução de nitritos e sulfatos, e metabolismo dos ácidos nucleicos (Kabata-Pendias, 2011; Marschner et al., 2011). Os problemas de deficiência de Fe nos Estados Unidos resultam das condições frias e úmidas do solo na primavera, as quais melhoram com o avanço das estações (Wells, 2010). Convém destacar que a deficiência de Fe nos EUA acontece, especialmente, por causa dos elevados valores de pH do solo, o que não é o caso do Brasil, uma vez que a maioria dos nossos solos são ácidos.

Outro micronutriente importante para o cultivo da cultura é o boro (B). Esse micronutriente participa do metabolismo de carboidratos, síntese e estrutura da parede celular, metabolismo de ácidos nucleicos, e respostas hormonais (Kabata-Pendias, 2011; Marschner et al., 2011). No entanto, é mais comum o aparecimento de sintomas ocasionados por excesso de B, em relação à carência (Fronza et al., 2013).

• Adubação foliar

A complementação da adubação, em caso de necessidade, especialmente, de micronutrientes, os quais são exigidos em menores quantidades pelas plantas, pode ser realizada via pulverização foliar.

A adubação foliar pode ser realizada caso sejam observados sintomas de deficiência, em especial de zinco (Zn), manganês (Mn) e de magnésio (Mg) nas folhas. De acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016), esses nutrientes podem supridos parcialmente à demanda da noqueira-pecã. As aplicações poderão ser realizadas mediante duas pulverizações anuais, uma em setembro e a outra em fevereiro, utilizando-se os seguintes produtos e dosagens (por 100 L de água): $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (400 g), $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ (200 g), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (2 kg) e espalhante adesivo (100 mL).

Em caso de sintomas acentuados de deficiência de Mg, até cinco aplicações por ano com esse nutriente podem ser realizadas, espaçadas de um mês. Aplicações foliares com Zn e com Mn são recomendadas quando os teores foliares desses dois nutrientes forem menores que 25 mg kg^{-1} (CQFS-RS/SC, 2016).

No entanto, convém destacar que a raiz é o órgão da planta responsável pela absorção da maior quantidade de nutriente requerida pela cultura. Além disso, os nutrientes aplicados via foliar, em geral, são absorvidos em pequenas quantidades. Por isso, na maioria dos casos, essa prática deve ser evitada, nas condições edafoclimáticas do Sul do Brasil.

Considerações finais

A análise do solo e das folhas, bem como a expectativa de produção, podem ser algumas das ferramentas utilizadas pelos técnicos e produtores para o monitoramento das adubações. As doses recomendadas nas tabelas de adubação servem como sugestões, portanto podem ser ajustadas, principalmente a depender das condições climáticas.

Por se tratar de uma cultura perene e que permanecerá por longo período na área, o planejamento para a implantação do nogueiral deve iniciar antes mesmo do plantio das mudas. Devido à baixa mobilidade tanto do calcário como do fósforo, é imperativo que esses sejam aplicados em pré-plantio, quando fornecem os melhores resultados em termos de eficiência. Essa correção inicial constitui-se na melhor maneira de se evitar desequilíbrios nutricionais no futuro.

Referências

- AGUIRRE, E. H. **Manejo de Huertas de Nogal**. Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Chihuahua, 2004. 267 p.
- ALCARDE, J. A.; RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURTI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVARES V., V. H. (ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 291-334.
- ALMEIDA, T. R. P. D.; LEONEL, S.; TECCHIO, M. A.; MISCHAN, M. M. Formação do pomar de tangerina 'Poncã', em função da adubação química e orgânica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 288-291, 2005.
- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1214-1231, 2013.
- BARRIOS, D. L. O.; FERNÁNDEZ, V. F.; CHÁVEZ, E. S.; RODRÍGUEZ, H. R. Manejo de la Nutrición y Fertilización en el cultivo del Nogal Pecanero. In: MENDOZA, A. B. (ed.). **Temas Modernos de Nutrición Vegetal**. Chapingo: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, 2009. p. 176-199.
- CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.
- CAIRES, E. F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F. J.; FERRARI, R. A.; MORGANO, M. A. Soybean yield and quality as a function of lime and gypsum applications. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 4, p. 370-379, 2006.
- CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 315-327, 1999.
- CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. Van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant and Soil**, v. 192, n. 1, p. 32-48, 1997.
- CHESWORTH, J. M.; STUCHBURY, T.; SCAIFE, J. R. **Agricultural Biochemistry**. New York: Chapman and Hall, 1998.
- COVERT, M.; CONNELL, J. H. Potassium deficiency in walnuts. University of California Cooperative Extension Tehama County. Fruit and Nuts Notes, September, 2010, 10-11.
- CQFS-RS/SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo). **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS-NRS, 2016. 376 p.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-132.
- DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; PETERNELLI, L. A.; BARRELLA, T. P.; FREITAS, G. B. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 199-206, 2007.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p.
- ERNANI, P. R.; BARBER, S. A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetados pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo Ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 1, p. 41-46, 1993.
- ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. F. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 825-831, 2001.

ERNANI, P. R. Alterações em algumas características químicas da camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 241-245, 1986.

ERNANI, P. R. **Química de solo e disponibilidade de nutrientes**. 2. ed. Lages: Do autor, 2016. 256 p.

FRONZA, D.; POLETTO, T.; HAMANN, J. J. **O cultivo da nogueira-pecã**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Núcleo de Fruticultura Irrigada, 2013. 301 p.

GBLER, L.; NAVA, G.; BAMBERG, A. L.; CARVALHO, F. L. C.; PILLON, C. N.; RUFATO, A. de R.; PEREIRA, J. F. M. Manejo do solo em fruticultura de clima temperado. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C. de; SOUZA, L. da S. **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa, MG: SBCS, 2019. Cap. XXX, p. 961-981.

GOFF, B.; NESBITT, M.; BROWNE, C. Late season fertilization: An exciting new development for the pecan industry. **Proceedings Southeastern Pecan Growers Association**, v. 94, p. 91-93, 2001.

HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management**. 8th ed. Upper Saddle River: Pearson, Inc, 2014.

HEEREMA, R. J.; VANLEEUEWEN, D.; HILAIRE, R. S.; GUTSCHICK, V. P.; COOK, B. Leaf photosynthesis in nitrogen-starved 'Western' pecan is lower on fruiting shoots than non-fruiting shoots during kernel fill. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 139, n. 3, p. 267-274, 2014.

HEEREMA, R. J. **Diagnosing nutrient disorders of New Mexico pecan trees**. Las Cruces: New Mexico State University, 2013. (Guide H-658). Disponível em: http://aces.nmsu.edu/pubs/_h/H658.pdf. Acesso em: 16 Jan. 2020.

HERRERA, E. **Interpreting Leaf Analysis and Deficiency Symptoms of Pecans**. Las Cruces: New Mexico State University, 1998. (Guide H-617).

JONES JUNIOR, J. B. Plant nutrition and soil fertility manual. In:

KABATA-PENDIAS, A. **Trace Elements in Soils and Plants**. Boca Ratón: CRC Press, 2011.

KRAMER, R. A.; LINDEMANN, W. C.; HERRERA, E. A. Recovery of late-season 15N-labeled fertilizer applied to pecan. **HortScience**, v. 39, n. 2, p. 256-260, 2004.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L. D.; TIECHE, T. L.; SCHAPANSKI, D. E. Disponibilidade de nitrogênio de fontes minerais e orgânicas aplicadas em um Argissolo cultivado com videira. **Revista Ceres**, v. 61, n. 2, p. 241-247, 2014.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. Orlando: Academic Press, 2012.

MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. S.; CARDOSO, I. M.; LIMA, P. C.; FREESE, D. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 141-149, 2011.

MADERO, E. R.; TRABICHET, F. C.; PEPÊ, F.; WRIGHT, E. **Manual de manejo del huerto de nogal pecán**. Buenos Aires: INTA-EEA del Paraná, 2016.

MELO, G. W. B.; BRUNETTO, G.; BASSO, A.; HEINZEN, J. Resposta das videiras a diferentes modos de distribuição de composto orgânico no solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 493-503, 2012.

MERAZ, H. A. **Generación de Estándares Nutricionales Foliarens en Nogal Pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh) K Koch "Western" mediante Diagnostico Diferencial Integrado (DDI)**. 1999. 119 f. Tesis (Maestría) - Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. México.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 133-204.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of Soil Acidity in No-tillage system for Soybean Production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, n. 1, p. 47-57, 1996.

PALLARDY, S. G. Mineral nutrition. In: PALLARDY, S. G. (ed.). **Physiology of woody plants**. 3rd ed. Elsevier, Amsterdam, 2008. p. 255-285.

PAVAN, M. A. Influence of calcium and magnesium salts on acid soil chemistry and calcium nutrition of apple. **Soil Science Society of America Journal**, v. 51, p. 1520-1530, 1987.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 35-40, 2004.

POND, A. P.; WALWORTH, J. L.; KILBY, M. W.; GIBSON, R. D.; CALL, R. E.; NÚÑEZ, J. Leaf nutrient levels for pecan. **HortScience**, v. 41, p. 1339-1341, 2006.

PONDER, F.; JONES, J. E. Annual applications of N, P, and K interrupt alternate-year nut crops in black walnut. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, p. 661-670, 2001.

- QUAGGIO, J. A.; DECHEN, A. R.; RAIJ, B. van. Efeito da aplicação do 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.
- RAIJ, B. van. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 233 p.
- REY, A.; LINDEMANN, W. C. Recovery of 15N fertilizer applied at different stages of pecan kernel fill. **HortScience**, v. 41, n. 3, p. 794-798, 2006.
- RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; COSTA, U. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savanna oxisols. **Soil Science**, v. 133, p. 378-382, 1982.
- ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeitos da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, n. 1, p. 103-109, 1984.
- SETE, P. B.; MELO, G. W. B.; OLIVEIRA, B. S.; FREITAS, R. F.; DAL MAGRO, R.; AMBROSINI, V. G.; TRAPP, T.; COMIN, J. J.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G. **Perdas de nitrogênio do solo e resposta do pessegueiro à adição de composto orgânico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2015.
- SMITH, M. W. Partitioning Phosphorus and Potassium in Pecan Trees during High- and Low-crop Seasons. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 134, n. 4, p. 399-404, 2009.
- SMITH, M. W. Relationship of leaf necrosis and defoliation to phosphorus and potassium concentrations in selected tissue and to certain fruit quality parameters of pecan. **Scientia Horticulture**, v. 125, p. 117-122, 2010.
- SMITH, M. W.; CHEARY, B. S. Response of pecan to annual soil band applications of phosphorus and potassium. **HortScience**, v. 48, n. 11, p. 1411-1415, 2013.
- SMITH, M. W.; ROHLA, C. T.; GOFF, W. D. Pecan Leaf Elemental Sufficiency Ranges and Fertilizer Recommendations. **HortTechnology**, v. 22, n. 5, p. 594-599, 2012.
- SPARKS, D. Effects of fruiting on scorch, premature defoliation, and nutrient status of 'Chickasaw' pecan leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 102, n. 5, p. 669-673, 1977.
- SPARKS, D. Growth and nutritional status of pecan in response to phosphorus. **Journal of American Society for Horticulture Science**, v. 113, n. 6, p. 850-859, 1988.
- SPARKS, D. Methods of predicting the nutrient needs for nut trees. **Annual Report of The Northern Nut Growers Association**, v. 68, p. 25-30, 1977.
- SPARKS, D.; PAYNE, J. A. Zinc concentration in pecan leaflets associated with zinc deficiency symptoms. **HortScience**, v. 17, n. 4, p. 670-671, 1982.
- STAFNE, E. T.; MELANSON, R. A.; WILSON, J. **Fertilizing Pecan Trees**. Starkville: Mississippi State University, 2017. (Extension Service of Mississippi State University, Publication 3055).
- STEIN, L. A.; STOREY, J. B. Pecan Leaf Nutrient Levels. In: STEIN, L. A.; McEACHERN, G. R.; NESBITT, M. L. (ed.). **Texas Pecan Handbook**. College Station: Texas A&M University Printing, 2012. 81 p.
- STOREY, J. B. Nutrition. In: McEACHERN, G. R.; STEIN, L. (ed.). **Pecan Orchard Management Handbook**. College Station: Texas A&M University, 1997. (Texas Agricultural Extension Service).
- STOREY, J. B.; STEIN, L.; MCEACHERN, G. R. Influence of nitrogen fertilization on pecan production in south Texas. **HortScience**, v. 21, p. 855, 1986.
- SUMNER, M. E.; SHAHANDAH, H.; BOUTON, J.; HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil prolife through deep liming an surface application of gypsum. **Soil Science Society American Journal**, v. 50, p. 1254-1278, 1986.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- VITTI, G. C.; CERQUEIRA LUZ, P. H. de; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. E. de. Uso do gesso em sistemas de produção agrícola. Piracicaba: GAPE, 2008. 104 p.
- WALWORTH, J.; SOWER, G.; POND, A.; KILBY, M.; GIBSON, R.; CALL, R.; LEWIS, B. Pecan leaf nutrition status. In: WESTERN NUTRIENT MANAGEMENT CONFERENCE, 6., 2005, Salt Lake City. p. 121-128.
- WEINBAUM, S. A.; JOHNSON, R. S.; DEJONG, T. M. Causes and consequences of overfertilization in orchards. **HortTechnology**, v. 2, n. 1, p. 112b-121, 1992.
- WELLS, L. **Mouse Ear of Pecan**. Athens: The University of Georgia, 2012. 4 p. (The University of Georgia Extension. Circular 893).
- WELLS, M. L. Nitrogen availability in pecan orchard soil: Implications for pecan fertilizer management. **HortScience**, v. 46, n. 9, p. 1294-1297, 2011.
- WELLS, M. L. **Nutritional, environmental, and cultural disorders of pecan**. Athens: University of Georgia, 2010. (Cooperative Extension - University of Georgia).