

Bento Gonçalves, RS
Junho, 2002

Autores

Gilberto Nava
Eng. Agrôn. MSc.,
Epagri – E. E. São Joaquim,
Caixa Postal 81,
CEP 88600-000
São Joaquim, SC

Clori Basso
Eng. Agrôn., PhD.,
Epagri – E. E. de Caçador,
Caixa Postal 130,
CEP 89500-000
Caçador, SC

Névio Nuenberg
Eng. Agrôn. PhD.,
Epagri – E.E. Lages
Caixa Postal 181
CEP 88502-970
Lages, SC

George Wellington Melo,
Eng. Agrôn., PhD.,
Embrapa Uva e Vinho,
Rua Livramento, 515,
Caixa Postal 130,
CEP 95700-000
Bento Gonçalves, RS

Gilmar R. Nachtigall
Eng. Agrôn. MSc.,
Embrapa Uva e Vinho
CEP 95700-000
Bento Gonçalves, RS

Atsuo Suzuki
Eng. Agrôn. MSc.,
Epagri – E.E. de Caçador,
CEP 89500-000
Caçador, SC

Fertilidade do Solo e Nutrição na Produção Integrada de Maçã

A produção integrada de frutos tem merecido atenção especial nos tempos atuais. A utilização integrada e equilibrada de todos os fatores de produção constitui um dos princípios deste novo modelo de produção. Assim, é necessário que a prática da adubação, além de atender às exigências nutricionais das plantas, não provoque danos ao meio ambiente.

O sistema de manejo da adubação dos pomares, na produção integrada da macieira, não se diferencia muito daquele adotado no sistema convencional, porém se preocupa mais em evitar o excesso de adubos, principalmente os nitrogenados, que são os mais problemáticos em termos de desequilíbrio da planta e do meio ambiente.

Neste trabalho são discutidos os principais aspectos relacionados com a fertilidade dos solos e nutrição da macieira, objetivando auxiliar nas tomadas de decisões de técnicos e produtores, envolvidos com a produção integrada.

Implantação do Pomar

Por tratar-se de uma cultura perene, a época de implantação do pomar de macieira é a única oportunidade que o fruticultor tem para fazer um bom preparo do solo, pois é preferível gastar tempo e recursos financeiros nessa fase do que tentar medidas corretivas posteriores que têm pouca eficiência e um alto custo.

A fase de implantação de um pomar de uma cultura perene como a macieira é de fundamental importância, pois implica altos investimentos que devem ser bem planejados. Falhas nessa etapa quanto à escolha do local e cultivares, marcação do pomar e plantio, correção da acidez do solo e adubação de pré-plantio, dificilmente poderão ser corrigidas depois, com eficácia e a baixo custo.

Para uma eficiente absorção de água e nutrientes e boa sustentação das plantas, é necessário um sistema radicular bem desenvolvido, para o qual devem existir boas características químicas, físicas e biológicas no solo. Portanto na implantação do pomar, é importante escolher um bom local, bem como melhorar as condições físicas do solo, através de subsolagem e aração profundas e melhorar as condições químicas através de calagem e adubação. Essas ações, juntamente com outras medidas de manejo, também favorecem as condições biológicas do solo.

Calagem e Adubação de Pré-Plantio

Os solos da região produtora de maçã, no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, são ácidos e de fertilidade natural baixa, o que exige o uso de fertilizantes e corretivos para obtenção de produtividade com frutos de alta qualidade. Normalmente, esses solos apresentam baixo pH, boa disponibilidade de potássio, baixa disponibilidade de fósforo, cálcio e magnésio, teores médios e altos de matéria orgânica e altos teores de alumínio e manganês trocáveis.

Na implantação do pomar, o produtor tem a melhor oportunidade, se não a única, de melhorar as características químicas do solo mediante boa incorporação de corretivos de acidez e de fertilizantes, em face da distribuição do sistema

radicular e das características de perenidade das plantas. Medidas corretivas, em pomares já implantados, são difíceis, por serem onerosas e de efeitos limitados.

Análise do Solo

A análise do solo compreende as etapas de coleta de amostra, análise laboratorial, interpretação dos resultados e recomendação da adubação e da calagem. Cada etapa está sujeita a erros que podem afetar a recomendação dos corretivos. O erro cometido durante o processo de amostragem é o mais significativo, já que não poderá ser corrigido nas fases seguintes.

A amostra de solo deve ser representativa, refletindo as condições da área amostrada. Uma amostra deve representar uma área relativamente homogênea. Para tal, subdivida-se a área total em parcelas, considerando-se aspectos como: tipo de solo, topografia, textura, cor, erosão, profundidade, cobertura vegetal, drenagem, bem como calagem, adubações e cultivos anteriores. Em cada área relativamente homogênea, coleta-se uma amostra de solo. Esta deve ser composta de 10 a 15 subamostras, obtidas percorrendo-se o terreno em ziguezague. Para a macieira, recomenda-se que a calagem e a adubação de pré-plantio atendam às necessidades da camada superficial de 40 cm do solo, portanto o solo deve ser amostrado até esta profundidade. É melhor coletar uma amostra na profundidade de 0 a 20 cm e outra de 20 cm a 40 cm.

A coleta das amostras de solo pode ser feita em qualquer época do ano, mas sempre com antecedência de, pelo menos, três meses do plantio, para que haja tempo hábil de análise laboratorial e aplicação de adubos e corretivos durante a fase de implantação do pomar.

Calagem

A aplicação de calcário ao solo tem, como primeiro objetivo, elevar o pH e neutralizar o alumínio e o manganês trocável do solo. Além disso, esta prática propicia maior disponibilidade de cálcio e de magnésio e auxilia no aumento da disponibilidade de outros nutrientes como o fósforo, bem como favorece a atividade microbiana do solo.

Para as condições do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, são utilizadas as recomendações de calagem da ROLAS, feitas segundo o índice SMP. São recomendadas quantidades de calcário, para que se atinja pH em água igual a 6,0. Essas quantidades, para a cultura da macieira, são apresentadas na Tabela 1. As quantidades apresentadas referem-se à aplicação na camada de 0–20 cm do solo e, como o solo deve ser corrigido até pelo menos 40 cm de profundidade, estas devem ser aumentadas proporcionalmente à profundidade a ser corrigida. Para uma boa reatividade do corretivo, este deve ser bem misturado ao solo. Sugere-se que quantidades superiores a 8-10 t ha⁻¹ sejam parceladas, possibilitando, assim, uma melhor distribuição e incorporação na camada de solo a ser corrigida.

Tabela 1. Recomendações de calagem (calcário com PRNT 100%) com base no índice SMP, para a correção da acidez dos solos (camada de 0 a 20 cm) de pomares de macieira do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina

Índice SMP	Calcário – t ha ⁻¹	Índice SMP	Calcário – t ha ⁻¹
≤ 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		

Como regra geral, os solos com maiores teores de alumínio, de matéria orgânica e de argila necessitam de maiores quantidades de corretivos da acidez, pois esses representam as principais fontes de acidez potencial e de tamponamento dos solos.

A elevação do pH do solo ao valor desejado depende, dentre outros fatores, da qualidade de corretivo aplicada (PRNT), da sua mistura com o solo e do tempo de contato do corretivo com o solo. Em geral, o efeito da calagem na correção da acidez atinge o ponto máximo de três a doze meses após a aplicação do calcário. O efeito residual da calagem é muito variável entre os tipos de solo. Solos com alto poder tampão necessitam de maiores quantidades de calcário, porém apresentam maior efeito residual com o passar do tempo. À medida que os solos vão se reacidificando, tornam-se necessárias novas aplicações de calcário que devem ser feitas superficialmente, não excedendo a 4 t ha⁻¹ por aplicação. Além do calcário agrícola, outros produtos podem ser utilizados como corretivos da acidez dos solos, como cal virgem, cal hidratada, borra de cal, etc. A escolha de um ou de outro dependerá do seu custo associado à sua qualidade.

Considerando que a macieira é muito exigente em cálcio, na escolha do corretivo, recomenda-se optar por produtos que, após reação no solo, resultem numa relação Ca/Mg igual ou superior a 3. Isso pode ser obtido pela aplicação de mais de uma fonte de calcário. Uma opção razoável seria aplicar metade da dose na forma de calcário dolomítico e a outra metade na forma de calcário calcítico. A lama de cal, ou borra de cal, subproduto da indústria de papel, é um corretivo calcítico.

O gesso agrícola (sulfato de cálcio hidratado) é um subproduto da produção do ácido fosfórico. Seu uso só se justifica como fonte de cálcio e de enxofre em solos carentes desses nutrientes, já que não apresenta valor como corretivo da acidez do solo. Pode ser usado para melhorar a relação Ca/Mg em solos onde esta é muito estreita, ou onde se deseja aumentar a disponibilidade de Ca e/ou reduzir a ação do alumínio tóxico em camadas mais profundas do solo.

Adubação de Pré-Plantio

A adubação de pré-plantio, que deve ser realizada por ocasião do preparo do solo para a implantação do pomar, tem por objetivo elevar os teores de potássio e fósforo para níveis considerados suficientes para o estabelecimento das plantas, já que, muitas vezes, os teores originais do solo não permitem um desenvolvimento adequado das mesmas. É nessa fase que o fruticultor tem a oportunidade de melhorar as características químicas do solo, uma vez que, após a implantação do pomar, torna-se difícil a correção em camadas mais profundas, principalmente dos níveis de fósforo que possui uma baixa mobilidade no solo.

A interpretação dos resultados da análise de solo para fósforo e potássio, adotada pela Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal - ROLAS - RS e SC, está apresentada na Tabela 2. Os valores de P e K extraíveis do solo são interpretados em seis faixas. O limite inferior da faixa suficiente corresponde ao nível crítico do nutriente no solo. Isso significa que, abaixo do nível crítico, aumentam as possibilidades de resposta da cultura à aplicação desses nutrientes. Devido à influência da argila na disponibilidade de fósforo às plantas, foram estabelecidas cinco classes de solos em função do teor de argila.

Tabela 2. Interpretação geral dos resultados de análise de solo para potássio trocável e de fósforo "extraível" para o Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Faixas teor no solo	K	> 55% argila	41 a 55% argila	26 a 40% argila	11 a 25% argila	< 11%
	(mg L ⁻¹)	P (mg L ⁻¹)				
Limitante	≤ 20	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 4,0
Muito baixo	21-40	1,1-2,0	1,6-3,0	2,1-4,0	3,1-6,0	4,1-8,0
Baixo	41-60	2,1-4,0	3,1-6,0	4,1-9,0	6,1-12,0	8,1-16,0
Médio	61-80	4,1-6,0	6,1-9,0	9,1-14,0	12,1-18,0	16,1-24,0
Suficiente	81-120	> 6,0	> 9,0	> 14,0	> 18,0	> 24,0
Alto	> 120	> 8,0	> 12,0	> 18,0	> 24,0	> 30,0

Adaptado da Comissão de Fertilidade do Solo (1995).

As quantidades de adubo fosfatado e potássico, recomendados em pré-plantio para a cultura da macieira, são definidas utilizando as faixas de teores destes nutrientes no solo, obtidos através da análise do solo (Tabela 2) e as recomendações para a cultura (Tabela 3). Aplicar a lanço as quantidades recomendadas na instalação do pomar, em toda a área, com incorporação, no mínimo, na camada arável. Em casos de locais onde é muito difícil aplicar os adubos em toda a área, como nas condições de solo de São Joaquim, pode-se realizar a correção do solo na faixa de plantio e, posteriormente, vai-se melhorando o restante da área à medida em que as plantas vão se desenvolvendo. Aplicar, juntamente ao fósforo e ao potássio, se necessário, 30kg de bórax ha⁻¹. Como fonte de fósforo, aplicar fosfatos solúveis

(superfosfato simples e triplo, MAP e DAP) ou termofosfatos sempre que a adubação é feita após a calagem ou em solos com pH adequado. Fosfatos naturais, devido a sua baixa solubilidade, devem ser aplicados e incorporados ao solo no mínimo 3 meses antes da aplicação do calcário, para possibilitar sua solubilização parcial pela acidez do solo. O cloreto de potássio é a principal fonte para potássio. Outra opção para o produtor é a utilização de adubo orgânico, principalmente para a complementação da adubação mineral, pois a sua aplicação pode ser benéfica sob aspectos de física e biologia do solo. Podem ser usadas fontes como esterco de bovinos, suínos e de aves. Recomenda-se analisar quimicamente o adubo orgânico, para verificar sua composição e quantificar as doses que poderão ser utilizadas.

Tabela 3. Recomendações de adubação fosfatada e potássica, em pré-plantio, para a camada de 0–20 cm na cultura da macieira para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Teor no Solo	Fósforo	Potássio
	----- kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ -----	----- kg K ₂ O ha ⁻¹ -----
Limitante	160	125
Muito baixo	130	100
Baixo	100	75
Médio	70	50
Suficiente	40	25
Alto	0	0

Fonte: Comissão de Fertilidade do Solo (1995).

Preparo do Solo

O preparo do solo tem por objetivo melhorar as condições físicas e químicas do solo, bem como facilitar o plantio, o que representa realizar a incorporação dos corretivos da acidez e da adubação de pré-plantio em quantidades e na profundidade adequadas e melhorar as condições físicas do solo. Este preparo do solo deve ser feito, no mínimo, com 90 dias de antecedência ao plantio, para os solos já cultivados e um ano antes do plantio para áreas novas.

Deve-se dar bastante importância para a qualidade e profundidade do solo, pois o êxito do pomar depende desses fatores. As etapas, no preparo do solo, para a implantação de um pomar, em geral, compreendem: aplicação da metade da dose total de calcário; subsolagem do terreno até a profundidade de 40 cm a 60 cm; limpeza do terreno, retirando raízes, tocos e pedras; primeira aração a 40 cm de profundidade, seguida de

gradagem; aplicação do restante do calcário e os adubos de pré-plantio; segunda aração a 40 cm de profundidade; gradagem próximo ao plantio.

Quando o terreno é muito declivoso, o preparo do solo deve ser feito em curva de nível, para evitar a erosão do solo. Em baixadas ou áreas com problemas de drenagem, quando for necessário utilizar estes terrenos, deve-se formar camalhões sobre os quais localizam-se as filas de plantas.

Para áreas novas de campo, recomenda-se o plantio de gramíneas anuais durante, pelo menos, um ano antes do plantio das mudas, já, para locais recém desmatados, após a retirada de tocos e raízes, recomenda-se o plantio de gramíneas anuais durante, pelo menos, dois anos antes do plantio das mudas, para evitar a perda de mudas por doenças do sistema radicular.

Nas situações de replante total de áreas de pomares, deve-se também realizar a subsolagem

com o único objetivo de romper as camadas compactadas situadas abaixo da porção de solo alcançada pelos arados comuns. Deve-se eliminar completamente os restos vegetais da área. Especificamente para estas situações, pode ser benéfico o uso de fosfato monoamônico (MAP) como fonte de fósforo. Recomenda-se o plantio de gramíneas anuais durante, pelo menos, dois anos antes do plantio das mudas, para evitar perdas devido a doenças no sistema radicular. Para o caso de replante parcial do pomar, primeiro é necessário um estudo para identificar as causas do fracasso e então recuperar o solo antes de proceder o replantio.

Manejo da Adubação após a Implantação do Pomar

O sucesso no cultivo da macieira, além dos aspectos já abordados sobre o preparo do solo na implantação do pomar, depende do manejo adequado de todos os fatores de produção. O manejo adequado da fertilidade do solo e o acompanhamento do estado nutricional das plantas representam alguns desses fatores.

Em se tratando de produção integrada de frutas, é importante se considerar, além do suprimento de nutrientes à planta, os riscos que as adubações podem acarretar ao meio ambiente, principalmente em relação à contaminação das águas subterrâneas.

Descrição dos Nutrientes e suas Particularidades

Sob o ponto de vista nutricional, para a obtenção de plantas produtivas e com produção de qualidade, é necessário que haja disponibilidade e absorção dos nutrientes em proporções adequadas, tanto via solo como através da suplementação via foliar. Qualquer desequilíbrio nessas proporções pode causar a deficiência ou o excesso de nutrientes.

Nitrogênio

Como o nitrogênio é um nutriente que desempenha importante papel no crescimento vegetativo, exercendo influência na formação inicial da planta bem como na renovação de brotações que darão suporte à produção futura, esse nutriente tem efeito direto na qualidade das frutas e no balanço nutricional da planta. Níveis crescentes de nitrogênio aumentam a produção de maçãs,

proporcionando maior teor desse nutriente nas folhas, porém podem provocar maior incidência de "russetting", redução da firmeza da polpa, diminuição da coloração dos frutos, além de induzirem o aparecimento de distúrbios fisiológicos nos frutos.

A deficiência de nitrogênio caracteriza-se pela coloração verde-claro visível em todas as folhas e pela redução do crescimento da planta.

A caracterização visual de deficiência é mais evidente na parte final do ciclo vegetativo, pois a perda da cor verde escuro das folhas aumenta no decorrer do ciclo. As frutas ficam pequenas e amadurecem cedo, acelerando a mudança da cor de fundo. É comum observar esses sintomas, principalmente na região de São Joaquim, em manchas específicas de solo dentro de um pomar, que, geralmente, estão associadas à limitação de profundidade e/ou alta pedregosidade dos mesmos. O excessivo vigor das plantas geralmente está associado com o excesso de nitrogênio na planta.

Fósforo

É um nutriente importante no metabolismo vegetal, pois participa de inúmeras reações bioquímicas como respiração, transformação de energia, além de participar na constituição de enzimas que, para o caso da macieira, pode se traduzir em estímulo à formação precoce de raízes, rápido e vigoroso crescimento das plantas e numa boa floração. A deficiência de fósforo compromete o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular. Até recentemente, poucos trabalhos têm mostrado resposta à aplicação de fósforo, ou descrito problemas de deficiência na cultura da macieira. Esta baixa incidência de problemas nutricionais com fósforo para a cultura da macieira é atribuída à exigência moderada da cultura e à sua adaptação aos solos com baixa disponibilidade de fósforo, em função da capacidade de absorção de fósforo do sistema radicular da macieira, provavelmente favorecido pela presença de micorrizas.

Alguns trabalhos têm mostrado resposta à aplicação de fósforo em solos com teores baixos desse nutriente e/ou em plantios de alta densidade. Problemas de produção, distúrbios nas frutas ou até mesmo alterações na textura da fruta podem ocorrer em condições de baixos teores de fósforo na planta. Em solos bem corrigidos com fósforo, na implantação do pomar, dificilmente se observarão teores foliares desse nutriente abaixo da faixa de concentração considerada normal.

Potássio

É o nutriente mais exportado pelos frutos. Dentro da planta, atua no controle de abertura e fechamento dos estômatos, na transpiração, no transporte de carboidratos, na qualidade das frutas, dentre outras funções.

A deficiência aguda de potássio, na macieira, se manifesta nas folhas, na forma de “queima das bordas” das folhas mais velhas a partir das pontas. Sendo a difusão o principal mecanismo de suprimento desse nutriente às plantas, a umidade do solo exerce importante influência no suprimento desse nutriente. Assim, os sintomas de deficiência de potássio geralmente estão associados a estresses hídricos. O excesso de frutos na planta e problema de drenagem no solo também pré-dispõem ao aparecimento dos sintomas de deficiência de potássio. Além das folhas, a qualidade das frutas é afetada, tornando-se ácidas, tamanho reduzido e coloração deficiente.

O excesso de potássio também pode ser problemático, uma vez que pode interagir negativamente na absorção de outros nutrientes, como cálcio e magnésio, e, conseqüentemente, causar desequilíbrios nutricionais na planta. Vários trabalhos indicam que o desequilíbrio entre o potássio e o cálcio na planta provoca distúrbios fisiológicos nas frutas.

Cálcio

O cálcio desempenha importante papel na planta, já que é um nutriente constituinte da lamela média das paredes celulares, responsável pela seletividade da membrana celular, e sua presença é indispensável para o desenvolvimento do sistema radicular. Para a cultura da macieira, a disponibilidade e a absorção de cálcio são de grande interesse, pois baixas concentrações de cálcio, na planta, principalmente nas frutas, são conhecidas por estarem relacionadas a distúrbios fisiológicos como o “bitter pit”. Por outro lado, altos teores de potássio e de magnésio oriundos de adubações desequilibradas com esses nutrientes, também podem causar “bitter pit”, tanto direta como indiretamente, já que podem induzir a baixos teores de cálcio na planta. Em condições extremas, esse distúrbio pode ocorrer até mesmo no pomar, quando se aproxima a colheita. Entretanto, a maioria das ocorrências acontecem durante o armazenamento das frutas. Os frutos de maior calibre são os mais propensos à ocorrência de bitter pit. Baixas concentrações de cálcio nas frutas são, principalmente, resultantes da ação de fatores ambientais e culturais, embora os teores de cálcio, no solo, possam influenciar. A deficiência de cálcio não é caracterizada por sintomas visíveis nas folhas.

Devido às particularidades de absorção desse nutriente via solo, pulverizações com cálcio, via foliar, têm sido utilizadas para evitar e/ou reduzir distúrbios fisiológicos nas frutas de macieira. Quanto a fontes de cálcio, as mais utilizadas são o cloreto de cálcio, o nitrato de cálcio e outras fontes de cálcio quelatizado. O cloreto de cálcio deve ser evitado nas três primeiras aplicações ou, se utilizado, diminuir a concentração para a metade da usual (0,3%).

Magnésio

O magnésio é um dos constituintes da clorofila, de modo que, sem a presença desse nutriente, não há fotossíntese. Os sintomas de deficiência são bem nítidos e ocorrem, inicialmente, nas folhas mais velhas, na base dos ramos, caracterizando-se por amarelecimento das regiões internervais das folhas, cujas manchas, na forma de V, evoluem das margens da folha em direção à nervura central. Esse sintoma evolui para necrosamento dos tecidos atacados, culminando com a desfolha precoce da base do ramo. Solos rasos e/ou mal corrigidos (pH baixo), estresse hídrico, são alguns dos fatores que contribuem para a ocorrência dessa deficiência. Os sintomas de deficiência de magnésio ocorrem, normalmente, na segunda metade do ciclo vegetativo (meados de janeiro e fevereiro), e pulverizações com magnésio via foliar devem ser utilizadas, se observada a ocorrência de desfolha nas plantas. O sulfato de magnésio tem sido uma boa fonte nesse caso.

Boro

O boro é um nutriente importante no metabolismo vegetal da macieira, pois pode estimular a formação de raízes, o crescimento das plantas e uma boa floração, devido atuar nos ápices vegetativos, na germinação do pólen e na absorção de água. Exerce também importante função na translocação do cálcio no interior da planta. Por ser pouco móvel na planta, os sintomas de deficiência de boro ocorrem, inicialmente, nos pontos de crescimento, onde se observa redução no crescimento das brotações e encurtamento dos internódios. Os sintomas de deficiência nas frutas se apresentam na forma de encorticiamento da polpa, evoluindo para rachaduras nas frutas, além de provocar queda de frutas. Os sintomas, geralmente, vão ocorrer em solos arenosos, com baixo teor de matéria orgânica e pH muito alto. Aplicações foliares de ácido bórico, bórax ou solubor são meios recomendados para controlar a deficiência de boro em macieira. Aplicação de boro no estágio de floração (botão rosado) pode favorecer a fecundação dos frutos. Aplicações via solo também possuem boa eficiência em termos

de prevenção de deficiência, porém, quando constatado o sintoma visual, deve-se dar preferência à aplicação via foliar. Contudo devem-se evitar aplicações em excesso, tanto via solo como via folha, já que a faixa de tolerância desta cultura entre deficiência e toxidez é muito estreita.

Zinco

O zinco tem efeito sobre o metabolismo das plantas, pois é um ativador enzimático. Os sintomas de deficiência desse nutriente se caracterizam pela formação de internódios curtos, que resultam em brotações pequenas e em forma de roseta, devido à ação do zinco sobre as auxinas. Os sintomas podem aparecer somente em alguns ramos da planta. As folhas são menores, estreitas e mais rígidas que as normais, apresentando clorose internerval.

Para corrigir ou evitar deficiências de zinco, são sugeridas duas diferentes épocas de aplicação do nutriente via pulverização foliar. Alguns pesquisadores sugerem que esse nutriente seja aplicado no período de dormência da macieira. Outros recomendam, tanto para a correção como para a prevenção de deficiência, a aplicação de zinco no período vegetativo da macieira, embora não descartem a aplicação na fase de dormência da planta. Quanto a fontes de zinco, as mais utilizadas são o sulfato de zinco, o óxido de zinco e o zinco quelatizado. O sulfato de zinco é tido como fonte padrão de zinco e apresenta maior solubilidade que o óxido de zinco.

Ferro

O ferro tem efeito sobre diversas reações de oxidação-redução na planta, atuando como catalizador.

Além disso, a presença de ferro está relacionada à formação da estrutura da clorofila. Os sintomas de deficiência desse nutriente se caracterizam pela clorose internerval nas folhas novas. A calagem tende a diminuir a disponibilidade de ferro, no entanto as raízes mais profundas conseguem absorver o ferro das camadas sub-superficiais, não orrigidas.

Manganês

O manganês tem efeito sobre diversos processos enzimáticos, atuando como importante ativador. Atua também na respiração, fotossíntese e metabolismo de ácidos orgânicos. Os sintomas de deficiência desse nutriente se caracterizam por uma clorose sem áreas definidas, porém são pouco frequentes para as nossas condições. O excesso tem sido mais problemático e ocorre nas condições de solos ácidos (pH < 5,3) e/ou com problema de drenagem. Nessas condições, podem-se observar sintomas de toxidez de manganês na casca do tronco e ramos de mais de um ano. Nesses casos, a casca apresenta superfície irregular com rachaduras, e, num corte superficial da casca, podem-se observar pontuações escuras. A planta apresenta envelhecimento precoce.

Adubação de Crescimento

A adubação de crescimento tem por objetivo propiciar as condições nutricionais ideais para uma boa formação das plantas durante a fase que antecede o início de produção, a qual dará suporte às produções futuras. Nessa fase, recomenda-se aplicar somente adubo nitrogenado, em doses variáveis, conforme a idade das plantas (Tabela 4).

Tabela 4. Recomendações de adubação nitrogenada de crescimento para a cultura da macieira para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina

Ano	Adubação Nitrogenada	Época
	----- kg N ha ⁻¹ -----	
1º	6	30 dias após a brotação
	6	60 dias após a 1ª aplicação
	6	15 dias após a 2ª aplicação
2º	9	Inchamento das gemas
	9	60 dias após a 1ª aplicação
	9	45 dias após a 2ª aplicação
3º	12	Inchamento das gemas
	12	Quedas das pétalas
	12	Após a colheita

Fonte: Adaptada e atualizada de Comissão de Fertilidade do Solo (1995).

Essas quantidades podem ser ajustadas para mais ou para menos em função do acompanhamento da evolução das plantas, através da análise visual do crescimento dos ramos, da coloração das folhas e da formação de órgãos de frutificação. Aplicar o fertilizante na área correspondente à projeção da copa. Nessa fase, a análise foliar deve ser usada como um indicativo do estado nutricional das plantas.

Adubação de Manutenção (Produção)

A adubação de manutenção tem por objetivo repor os nutrientes necessários para obtenção de alta produtividade de frutos de boa qualidade. Aplicações desnecessárias devem ser evitadas, pois podem causar prejuízos à planta e ao meio ambiente.

Tomando por base a exportação do pomar dos nutrientes contidos nas frutas, e considerando uma produtividade média de 60 t ha⁻¹, tem-se uma remoção média anual de 24 kg de nitrogênio, 6 kg

de fósforo, 57 kg de potássio, 2 kg de cálcio e 2 kg de magnésio. Além das quantidades exportadas pelas frutas, a planta necessita de nutrientes para produção de ramos raízes e folhas. Também ocorrem perdas de nutrientes no solo por lixiviação, volatilização, erosão, etc. Principalmente para o potássio, deve-se repor pelo menos essas quantidades exportadas, objetivando não empobrecer os solos. Para o nitrogênio, a reposição depende principalmente, dos teores de matéria orgânica do solo que, se forem bons e altos, podem suprir por períodos longos essa exportação do nutriente.

A recomendação da adubação de manutenção deve considerar a análise foliar e dos frutos, análise periódica do solo, idade das plantas, crescimento vegetativo, adubações anteriores, produtividade, tratos culturais e presença de sintomas de deficiências nutricionais, dentre outros fatores. Nas Fig. 1, 2 e 3 são apresentados organogramas para auxiliar na tomada de decisão quanto à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio como adubos de manutenção para a macieira. A análise dos teores no solo se refere à camada de 0 a 20 cm.

ADUBAÇÃO NITROGENADA

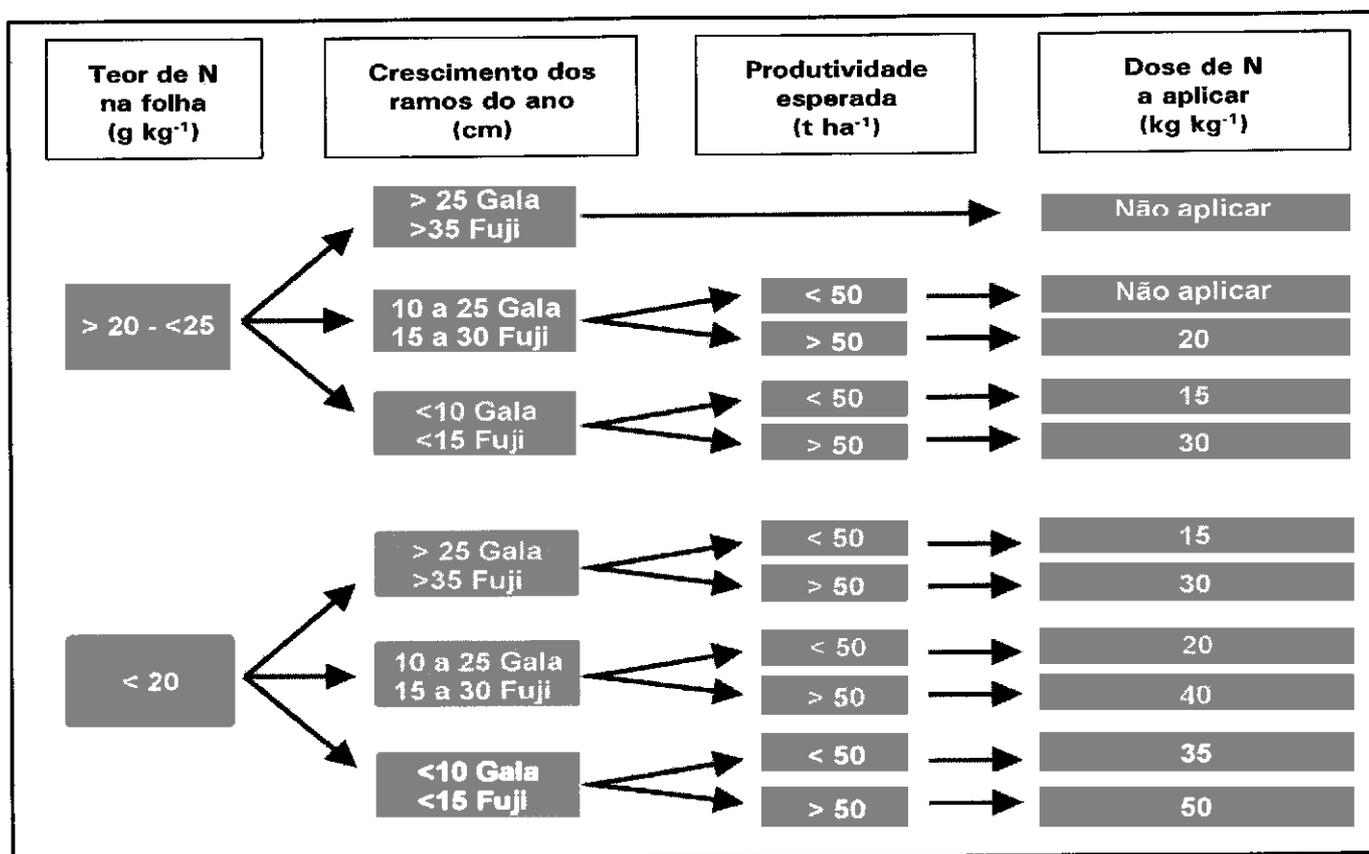


Fig. 1. Quantidades de nitrogênio a aplicar em função dos teores foliares, crescimento dos ramos e produtividade.

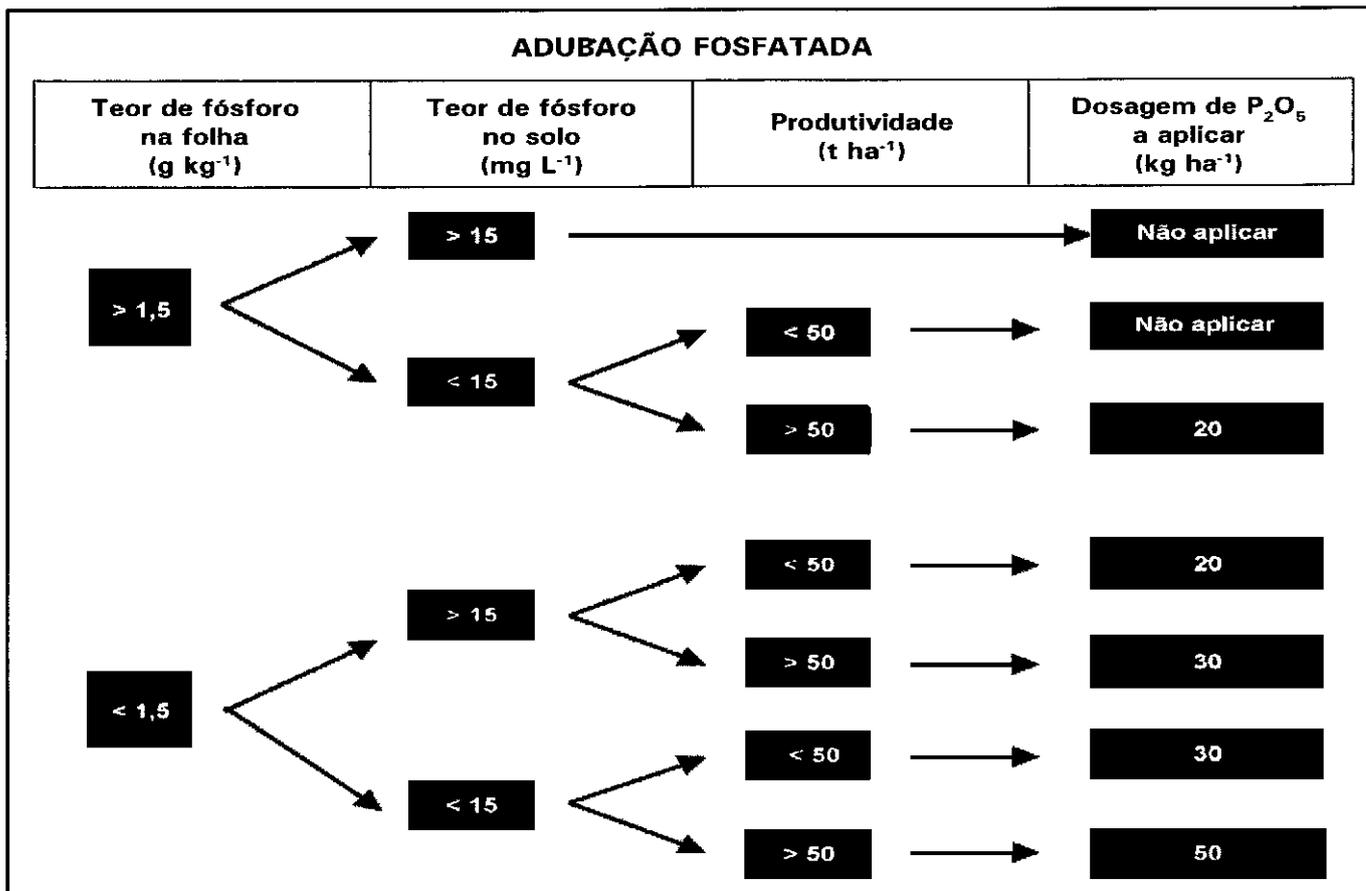


Fig. 2. Quantidades de fósforo a aplicar em função dos teores foliares, teores no solo e produtividade.

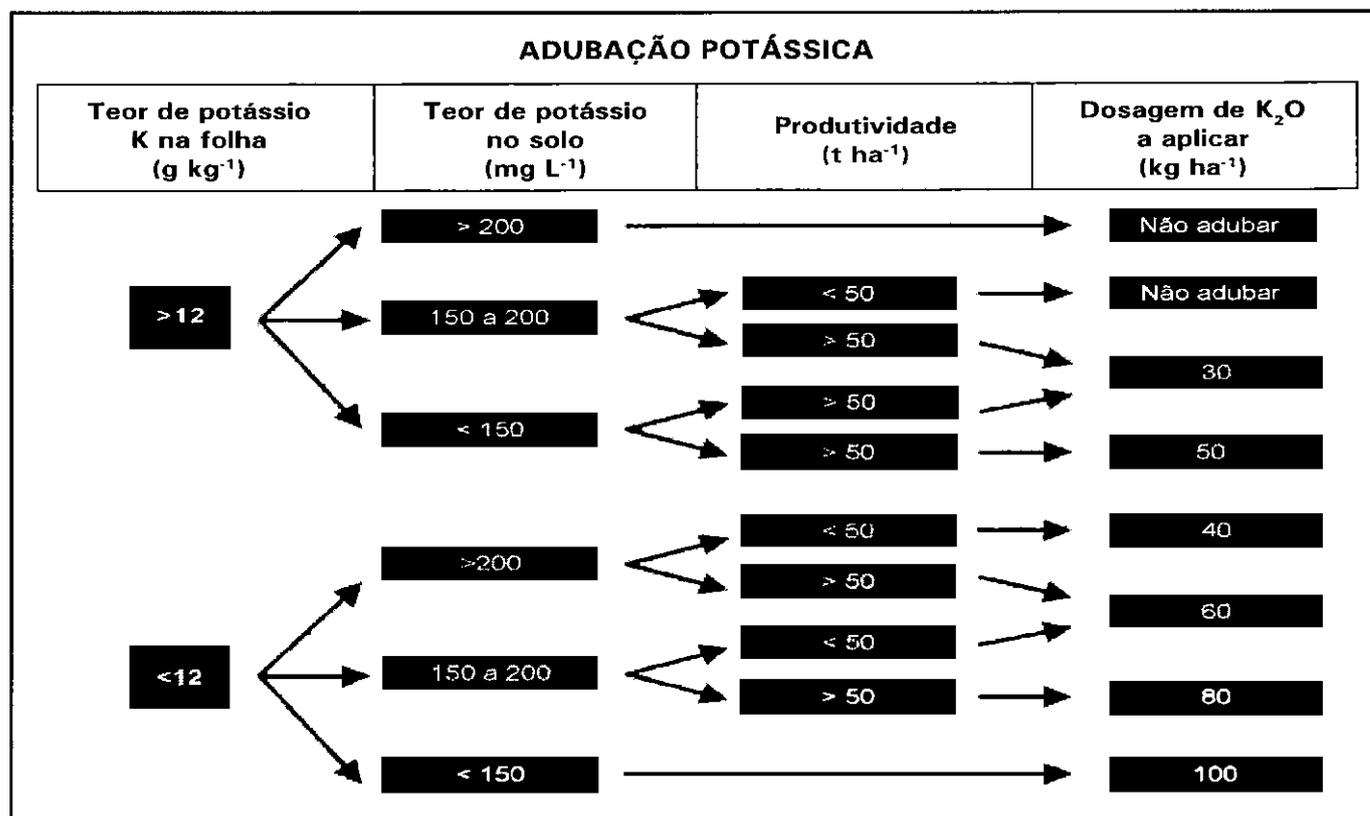


Fig. 3. Quantidades de potássio a aplicar em função dos teores foliares, teores no solo e produtividade.

Considerando a forma de distribuição do sistema radicular e a distribuição das plantas em filas, a aplicação dos adubos de manutenção poderá ser realizada na faixa da linha de plantas até 0,5m além da projeção da copa, atingindo-se, assim, a maior parte do sistema radicular. A aplicação dos adubos potássicos e fosfatados pode ser feita em qualquer época do ano, pois esses nutrientes têm mobilidade lenta no solo e seus efeitos na planta manifestar-se-ão ao longo do tempo. Para o adubo nitrogenado, aplicar pelo menos 50% da dose anual em pós-colheita e o restante no inchamento das gemas (estádio B).

Análise Foliar

Para a análise foliar da macieira, coletam-se folhas completas (limbo com pecíolo) da porção mediana dos ramos do ano, posicionados na altura média da planta, nos diferentes lados das plantas, no período

de 15 de janeiro a 15 de fevereiro. Cada amostra deverá ser composta de, aproximadamente, 100 folhas, podendo representar um grupo de plantas ou um pomar, dependendo da homogeneidade. Um indicativo prático seria coletar quatro folhas por planta, em 25 plantas representativas de uma área relativamente homogênea. Cada amostra representa uma condição nutricional. Assim, folhas com sintomas de deficiência nutricional não devem ser misturadas com folhas normais. Cada amostra deve ser constituída de folhas de plantas da mesma idade e da mesma cultivar. Não devem ser coletadas amostras de ramos ladrões, que não refletem o crescimento médio dos ramos do ano. As folhas que compõem a amostra devem estar livres de doenças e de danos causados por insetos.

Na Tabela 5, são apresentados os valores para interpretação dos resultados da análise foliar, realizada no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro, para as condições do Sul do Brasil.

Tabela 5. Interpretação dos resultados de análise foliar da macieira para amostras coletadas de 15 de janeiro a 15 de fevereiro.

Faixas Nutricionais	Nutriente									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn.	Zn	Cu	B
	----- g kg ⁻¹ -----					----- mg kg ⁻¹ -----				
Insuficiente	< 17,0	< 1,0	< 8,0	< 8,0	< 2,0	-	< 20	< 15	< 3	< 20
Abaixo do normal	17,0-19,9	1,0-1,4	8,0-11,9	8,0-10,9	2,0-2,4	< 50	20-29	15-19	3 - 4	20-40
Normal	20,0-25,0	1,5-3,0	12,0-15,0	11,0-17,0	2,5-4,5	50-250	30-130	20-100	5 - 30	41-50
Acima do normal	25,1-30,0	> 3,0	15,1-20,0	> 17,0	> 4,5	> 250	131-200	> 100	31 - 50	51-140
Excessivo	> 30,0	-	> 20,0	-	-	-	> 200	-	> 50	> 140

Fonte: Comissão de Fertilidade do Solo (1995).

Análise dos Frutos

A análise dos frutos visa a diagnosticar o equilíbrio nutricional durante a fase de crescimento e, próximo à colheita, permitir a tomada de decisão quanto ao destino a ser dado às frutas após a colheita (comercialização imediata, armazenamento em atmosfera convencional ou controlada, etc).

Para a análise de frutos de macieira, a amostra deve conter 30 frutos oriundos da altura média e dos diferentes lados da planta. Para que o resultado retorne do laboratório em tempo hábil para a tomada de decisão quanto ao destino da produção, a amostragem deve ser realizada 15 a 20 dias antes da colheita. Os teores de nutrientes usualmente analisados e considerados adequados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Teores de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e relação K/Ca considerados normais na polpa fresca de maçãs.

Nutriente	Concentração na polpa fresca
	----- mg kg ⁻¹ -----
Nitrogênio	300 – 400
Fósforo	> 100
Potássio	800 – 1000
Cálcio	> 40
Magnésio	> 40
Potássio/Cálcio	< 30

Adubação Foliar

A adubação foliar tem por objetivo suprir nutrientes às folhas e frutas, de forma direta, naqueles momentos em que são necessárias respostas rápidas por parte da planta, caracterizando-se como uma prática para corrigir rapidamente deficiências e complementar a aplicação de nutrientes via solo. Com exceção da aplicação visando à correção de deficiências, ainda são poucos os trabalhos que testam a eficiência da adubação foliar no Brasil.

Para a macieira, exceto para o cálcio, a adubação foliar deve ser realizada quando a análise foliar identificar deficiências nutricionais e esse tipo de adubação for o mais indicado para corrigir estas situações de desequilíbrio. Para as condições brasileiras, a adubação foliar envolve, principalmente, cálcio, magnésio, boro e zinco.

Para o cálcio, recomenda-se realizar de 5 a 12 pulverizações, em função da cultivar, a intervalos de 15 dias, iniciando no estágio J (frutas com tamanho de uma azeitona). Utilizar cloreto de cálcio a 0,6%, ou nitrato de cálcio a 0,75%. Para magnésio, boro e zinco, quando necessários, realizar de 1 a 3 aplicações a intervalos quinzenais, iniciando também no estágio J. Aplicar sulfato de magnésio a 2-3% como fonte de magnésio, bórax a 0,4% ou solubor a 0,2% como fonte de boro e sulfato de zinco a 0,2%, ou zinco quelatizado como fonte de Zn. Para aplicações de zinco durante o período de dormência da macieira, aplicar sulfato de zinco a 0,6 – 1,0% no

inchamento das gemas após a quebra da dormência. Evitar aplicação de sulfato de zinco no período crítico de ocorrência de “russetting” (até aproximadamente 30 dias após a plena floração) em cultivares suscetíveis a esse problema.

Fontes de Nutrientes

Para a adubação de pomares de macieira, em cada uma das três etapas (adubação de pré-plantio, de crescimento e de manutenção), não existem estudos que mostrem a superioridade de uma fonte de nutrientes sobre a outra. Recomenda-se, portanto, a aplicação da fonte mais econômica, seja ela mineral ou orgânica. Devido às características de baixa solubilidade, não se deve aplicar fosfatos naturais em solos já calcariados.

A adubação orgânica pode ser utilizada de forma complementar à adubação mineral. Doses altas de esterco não deverão ser utilizadas, pois possuem relativamente altos teores de nitrogênio, podendo causar problemas, os quais já foram mencionados anteriormente. Não esquecer que os nutrientes contidos nos materiais orgânicos precisam ser, primeiramente, mineralizados para se tornarem disponíveis às plantas. Em geral, das quantidades contidas nos esterco, somente em torno de 50% do nitrogênio e do fósforo serão mineralizados após o primeiro ano da aplicação. No caso do potássio, tornar-se-á todo disponível já no primeiro ano.

ANEXO 1

REGULAMENTO TÉCNICO – NUTRIÇÃO DE PLANTAS – PI (PRELIMINAR)

ÁREA	OBRIGATÓRIOS	RECOMENDADOS	PROIBIDOS	PERMITIDOS COM RESTRIÇÃO
Fertilização	<p>analisar o solo de 0-20 e 20-40 cm para quantificar o corretivo de acidez, o fósforo (P) e o potássio (K) a aplicar em pré-plantio; a adubação de manutenção deve considerar: as análises de solo a cada três anos, as análises foliares a cada ano, o crescimento vegetativo, os sintomas de deficiência, a produção e as práticas culturais; aplicar, no mínimo, 50% do (N) em pós-colheita; fazer no mínimo cinco aplicações de cálcio (Ca) via foliar, conforme a cultivar e as condições do pomar; adotar práticas culturais que evitem perda de nutrientes por lixiviação e erosão.</p>	<p>evitar o preparo do solo em faixas; usar corretivos de acidez do solo que resultem em relação Ca/Mg de 3 a 5; incorporar os adubos e corretivos de pré-plantio três meses antes do plantio na camada de 40 cm de profundidade; no preparo do solo, aplicar 3 kg/ha de boro; corrigir as deficiências nutricionais; usar cloreto ou nitrato de cálcio como fonte de (Ca); em pomares adultos, aplicar os adubos em faixa, até 0,5 m além da linha de projeção da copa das plantas; utilizar adubação orgânica em substituição à adubação química, desde que indicado por cálculo de equivalência de teores de nutrientes; análise química de frutos para fins de adubação e frigoconservação; na fase de crescimento aplicar somente (N).</p>	<p>usar fosfatos naturais em solos com pH maior que 6.0; aplicar nutrientes sem comprovada necessidade, exceto para o cálcio aplicado via foliar; aplicar (K) se o teor de $K_{\text{trocável}}$ no solo for maior que 250 mg L⁻¹ e o teor foliar for maior que 12 g/kg; misturar adubos foliares incompatíveis com agrotóxicos; aplicar, anualmente, por hectare, mais que 50 kg de (N), 50 kg de (P₂O₅) e 100 kg de (K₂O); aplicar adubos orgânicos nos 2 meses que antecedem a colheita.</p>	<p>preparo do solo em covas, em solos pedregosos desde que de acordo com os manuais de procedimentos técnicos para a PIM.</p>

Bibliografia Consultada

- ANGHINONI, I. Época e métodos de aplicação de corretivos nos solos. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2., 1989, Santa Maria - RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1989. p. 130-150.
- ARGENTA, L. C.; SUZUKI, A. Relação entre teores de minerais e frequência de bitter pit em maçã cv. Gala no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, p. 267-277, 1994.
- BASSO, C. Calagem em frutíferas. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 1., 1985, Passo Fundo - RS. **Anais...** Passo Fundo: UPF/UFRGS, 1985. 9 p.
- BASSO, C.; SUZUKI, A. Resposta da macieira cv. Golden Delicious a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, p. 223-227, 1992.
- BASSO, C.; SUZUKI, A.; WILMS, F. W. W.; STUKER, H. Control of zinc deficiency in apple orchards in Southern Brazil. In: VAN BEUSICHEM, M. L. (ed.) Plant nutrition – physiology and applications. **Proceedings International Plant Nutrition Colloquium**, 11., 1989, Wageningen. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990. p. 257-270.
- BASSO, C.; WILMS, F. W. W.; SUZUKI, A. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. In: EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis: EMPASC-DID, 1986. p. 236-265.
- BRAMLAGE, W. J.; DRAKE, M.; LORD, W. J. The influence of mineral nutrition on the quality and storage performance of pome fruits grown in North America. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 92, p. 29-38, 1980.
- BRAMLAGE, W. J.; WEIS, S. A. A re-examination of the boron recommendations for apple trees in Massachusetts. **Fruit Notes**, v. 56, p.10-12, 1991.
- BRAMLAGE, W. J.; WEIS, S. A.; DRAKE, M. Predicting the occurrence of poststorage disorders of 'McIntosh' apples from preharvest mineral analyses. **Journal of American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 110, p. 493-498, 1985.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. 224 p.
- DRAKE, M.; BRAMLAGE, W. J.; BAKER, J. H. Effects of foliar calcium on McIntosh apple storage disorders. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 10, p. 303-309, 1979.
- EMPASC/EMATER-SC/ACARESC. **Sistema de produção para a cultura da macieira: Santa Catarina**. 3. ed. rev. Florianópolis: EMPASC/ACARESC, 1991. 71 p. (EMPASC/ACARESC. Sistema de Produção, 19).
- HIMELRICK, D. G.; McDUFFIE, R. F. The calcium cycle: uptake and distribution in apple trees. **HortScience**, v. 18, p. 147-151, 1983.
- HOPFINGER, J. A.; POOVAIAH, B. W.; PATTERSON, M. E. Calcium and magnesium interaction in browning of 'Golden Delicious' apples with bitter pit. **Scientia Horticulturae**, v. 23, p. 345-351, 1984.
- MAGNANI, M.; FREIRE, C. J. da S.; CHOER, E. Manual para análise foliar: macieira. 3. ed. rev. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1997. 7 p. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 34).
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.
- MALQUORI, A.; PARRI, F. The potassium requirements of fruit crops. In: CONGRESS OF INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 11., 1978, Bern. **Proceedings...** Bern: Inter. Potash Institute, 1979. p. 283-290.
- NACHTIGALL, G. R.; FREIRE, C. J. da S. Tipos de amostragem de polpa de maçã para avaliação da incidência de "Bitter pit". **Revista Brasileira de Fruticultura**, no prelo, 2000.
- NACHTIGALL, G. R. Produção da macieira cv. Gala/MM106 em função da adubação potássica via solo. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2000, Pelotas - RS. **Resumos Expandidos...** Pelotas: NRS-SBCS, 2000. No prelo.
- NACHTIGALL, G. R.; FREIRE, C. J. da S.; MAGNANI, M. Análise foliar em macieira. **Jornal AGAPOMI**, Vacaria, n. 79, 1991.
- PERRING, M. A.; PLOCHARSKI, W. Proportions of calcium, magnesium, phosphorus and potassium extractable by water or ethanol from apple fruit tissue in relation to length of storage, orchard factors and storage disorders. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 26, p. 1807-1818, 1975.

PERRING, M. S. The effects of environment and cultural practices on calcium concentration in the apple fruit. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 10, p. 279-293, 1979.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, Potafos. 1991. 343 p.

SHORROCKS, V. M.; NICHOLSON, D. D. The influence of boron deficiency on fruit quality. In: ATKINSON, D.; JACKSON, J. E.; SHARPLES, R. O.; WALLER, W. M. (ed.) **Mineral nutrition of fruit trees**. London: Butterworths, 1980. p.103-108.

SUZUKI, A.; BASSO, C. Deficiência de zinco em macieira. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p.16-19, jun.1991.

SUZUKI, A.; BASSO, C.; WILMS, F. W. W. O uso de gesso como fonte complementar de cálcio em macieira. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba-MG. **Anais...** Uberaba: IBRAFÓS, 1992. p. 224-240.

SUZUKI, A.; BASSO, C. Orientações básicas para adubação e nutrição da macieira. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 41-46, mar. 1997.

TAYLOR, B. K. Response of newly planted peach and apple trees to superphosphate. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 26, p. 521-528, 1975.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. Escolha do corretivo de acidez do solo. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2., 1989, Santa Maria-RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1989. p.109-127.

WEEKS, W. D.; SOUTHWICK, F. W.; DRAKE, M.; OLANYK, G. W. Relation of differential N and K fertilization to tree performance, fruit quality and storage disorders of Delicious apples. **Mass. Exp. Stn. Bull.**, n. 552, 1965.

WILMS, F. W. W.; BASSO, C.; SUZUKI, A. Escolha e preparo do terreno e plantio. In: EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis: EMPASC, 1986. p. 236-65.

YOGARATNAM, N.; JOHNSON, D. S. The application of foliar sprays containing nitrogen, magnesium, zinc and boron to apple trees. II. Effects on the mineral composition and quality of the fruit. **Journal Horticultural Science**, v. 57, p.159-164, 1982.

**Circular
Técnica, 33**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Uva e Vinho
Rua Livramento, 515 – C. Postal 130
95700-000 Bento Gonçalves, RS
Fone: (0xx)54 451-2144
Fax: (0xx)54 451-2792
[http:// www.cnpuv.embrapa.br](http://www.cnpuv.embrapa.br)

1ª edição

1ª impressão (2002): 1000 exemplares

**Comitê de
Publicações**

Presidente: *Gilmar Barcelos Kuhn*

Secretário-Executivo: *Némora G. Turchet*

Membros: *Gildo A. da Silva e Francisco Mandelli*

Expediente

Revisão do texto: *Rosa Mística Zanchin*

Tratamento das ilustrações: *George Wellington Melo*