

capítulo 11

Calagem e adubação para a mandioca

Ana Lúcia Borges
Jaeveson da Silva
Luciano da Silva Souza
Jayme de Cerqueira Gomes

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é cultivada em todas as regiões do Brasil, desempenhando papel importante na alimentação humana e animal, como matéria-prima para vários produtos industriais e na geração de emprego e de renda.

O Brasil ocupa a 5ª posição na produção mundial de mandioca (5,8% do total), com área colhida de cerca de 1,2 milhão de hectares, produção da ordem de 17,5 milhões de toneladas de raízes e produtividade média de 14,7 t ha⁻¹ (FAO, 2019). Dentre os principais estados produtores destacam-se: Pará (21,7%), Paraná (18,2%), São Paulo (7,8%), Rio Grande do Sul (5,1%), Amazonas (5,0%), Mato Grosso do Sul (4,6%) e Bahia (3,7%), que respondem por 65,6% da produção do país (IBGE, 2019).

As regiões Norte e Sul sobressaem-se com uma participação, respectivamente, de 35,2% e 25,2% da produção nacional; as demais regiões participam com 19,5% (Nordeste), 12,7% (Sudeste) e 7,4% (Centro-Oeste) (IBGE, 2019).

De maneira geral, para o plantio de mandioca usando fileiras simples, recomenda-se o espaçamento de 1,00 m x 0,60 m (16.666 plantas por hectare). No plantio usando fileiras duplas, recomenda-se o espaçamento de 2,00 m x 0,60 m x 0,60 m (12.820 plantas por hectare), arranjo espacial



que, embora seja usado em cultivo solteiro, tem sido indicado para cultivo de mandioca em consórcio, tais como o milho, feijão, arroz e amendoim. Em locais com solos com teores elevados de nutrientes e alta precipitação pluvial, deve-se aumentar o espaçamento entre plantas, principalmente daquelas variedades com hábito de crescimento ramificado. Em áreas de solos pobres e com baixa precipitação pluvial deve-se diminuir o espaçamento, para que o aumento da população por área compense o menor rendimento individual das plantas.

- **Clima:** a mandioca é cultivada entre 30° de latitudes Norte e Sul, embora sua maior concentração de plantio esteja entre as latitudes 15° Norte e 15° Sul. A altitude varia desde o nível do mar até cerca de 2.300 metros, sendo as regiões baixas ou com altitude de 600 m até 800 m as mais favoráveis. A faixa ideal média de temperatura situa-se entre 20 °C a 27 °C. As temperaturas baixas, em torno de 15 °C, retardam a germinação e diminuem ou mesmo paralisam sua atividade vegetativa. A faixa mais adequada de chuvas está entre 1.000 mm a 1.500 mm por ano, bem distribuídos. Em regiões tropicais, a mandioca produz em locais com índices de até 4.000 mm por ano, sem estação seca em nenhum período do ano; nesse caso, é importante que os solos sejam bem drenados, pois o encharcamento favorece a podridão de raízes. É também muito cultivada em regiões semiáridas, com 500 mm a 700 mm de chuva por ano; nessas condições, é importante adequar a época de plantio, para que não ocorra deficiência de água nos primeiros cinco meses de cultivo, com prejuízos para a produção; a deficiência de água após os primeiros cinco meses de cultivo, quando as plantas já formaram suas raízes de reserva, não causa reduções significativas na produção. Em cultivos irrigados, 3 mm a 6 mm diários são suficientes para atender à demanda hídrica da planta, a depender da fase fisiológica da cultura, regime pluviométrico e teor de argila no solo. O período de luz ideal está em torno de 12 horas por dia; dias mais longos favorecem o

crescimento de parte aérea e reduzem o desenvolvimento das raízes de reserva, o contrário ocorrendo nos dias mais curtos (Souza et al., 2009).

- **Solo:** como uma planta rústica, a mandioca produz em solos com baixos teores de nutrientes; contudo, expressa seu potencial produtivo em solos com teores adequados de nutrientes, profundos, bem estruturados e bem drenados. Para o bom desenvolvimento das raízes, principal produto da mandioca, os solos devem ser profundos e friáveis (soltos), sendo ideais os de textura arenosa ou média, por possibilitarem fácil crescimento das raízes, adequada drenagem e facilidade de arranquio das raízes na colheita. Os solos com alto teor de argila devem ser evitados, pois apresentam maior compactação, dificultando o crescimento das raízes, maior risco de encharcamento e de apodrecimento das raízes, bem como dificultam a colheita, principalmente se ela coincidir com a época seca. Quanto à topografia, os terrenos de baixada, com topografia plana e sujeitos a encharcamentos periódicos, são inadequados para o cultivo da mandioca, por causarem desenvolvimento reduzido das plantas e favorecer o apodrecimento das raízes. São indicados terrenos planos ou levemente ondulados, com declividade menor que 10%. Em ambos os casos, é necessário o uso de curvas de nível e renques de vegetação ou barreira viva (faixas de vegetação permanente, plantadas em curva de nível, cuja largura varia com a declividade do terreno e a textura do solo), pois os plantios de mandioca estão sujeitos a acentuadas perdas de solo e água por erosão. É importante observar o solo em profundidade, pois a presença de camada argilosa ou compactada imediatamente abaixo de 20 cm de profundidade pode limitar o crescimento das raízes, principalmente as exploratórias, além de prejudicar a drenagem e a aeração do solo.

A faixa favorável de pH em água do solo é de 5,5 a 6,5, embora a mandioca seja menos afetada pela acidez do solo do que outras

culturas. O pH acima de 6,5 tende a maior efeito salino nas plantas, podendo reduzir seu crescimento, queima de folhas e menor produção de raízes; a água salina pode ocasionar o mesmo efeito. O solo necessita de atributos físicos, químicos e biológicos adequados para o crescimento e produção da planta. Um solo fértil e saudável é um sistema vivo e dinâmico capaz de fornecer água, ar, calor e nutrientes às plantas, no momento e na medida em que elas necessitam para sustentar a produção. A mandioca produz bem em solos de alta fertilidade, embora o agricultor cultive em solos fisicamente degradados e com baixos teores de nutrientes.

O solo é responsável por suprir os nutrientes necessários para o crescimento e produção da planta e quando o teor de nutrientes no solo não for suficiente, é necessário complementar pela calagem e adubação. Os nutrientes são classificados em macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e micronutrientes: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn). Assim, para uma recomendação correta de calagem e adubação é necessária a análise química do solo. A amostragem de solo para essa recomendação deve ser realizada com antecedência de 60 a 90 dias do plantio, enviando imediatamente as amostras ao laboratório, para que sejam realizadas a análise química e as devidas recomendações. Esse período de tempo é suficiente para receber os resultados, adquirir os insumos e aplicar o calcário, se necessário, permitindo a sua reação no solo antes do plantio, por ocasião de chuvas que ocorram até o plantio.

Na coleta das amostras de solo devem ser considerados os seguintes passos:

a) separar o terreno em quadras uniformes quanto ao tipo (arenoso, misto ou argiloso) e cor do solo (escuro, vermelho, amarelo, acinzentado, etc.), uso do solo e declividade. Em cada quadra homogênea

coletar uma amostra de solo composta de 15 a 20 subamostras, separando as amostras das demais quadras.

b) percorrer toda a quadra em zigue-zague, retirando ao acaso as subamostras, coletando a terra na profundidade de 0 a 20 cm em cada ponto, com o auxílio de um trado, enxadeta, cavadeira ou pá reta.

c) reunir em um recipiente limpo (um balde plástico, por exemplo) as subamostras coletadas em campo. Ao finalizar a amostragem, misturar bem o solo sobre um plástico limpo ou no próprio balde utilizado em campo.

d) após isso, retirar uma quantidade de terra de aproximadamente 500 gramas (meio litro), colocar em um saco plástico limpo, identificar com o nome do proprietário, nome da propriedade, município e identificação da quadra amostrada, e enviar imediatamente (24 horas) para o laboratório credenciado. Caso não possa enviar imediatamente para o laboratório, a amostra deve ser seca à sombra.

Em geral, recomenda-se realizar as seguintes determinações: acidez ativa (pH), P e K disponíveis, Ca e Mg trocáveis, acidez trocável – alumínio (Al), sódio (Na), acidez potencial – hidrogênio e alumínio (H+Al), matéria orgânica (MO) e os micronutrientes, principalmente Mn e Zn, como também os cálculos da soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%).

$$SB = K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+, \text{ em cmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

$$CTC = SB + (H^+ + Al^{3+}), \text{ em cmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

$$V = (SB \times 100) / CTC, \text{ em } \%$$

Recomendação de calagem

De modo geral no Brasil, não se tem conseguido aumentos acentuados na produção da mandioca pela aplicação de calcário, confirmando a tolerância da cultura à acidez do solo. No entanto, após vários cultivos na mesma área, a planta responde à aplicação de calcário, principalmente como suprimento de cálcio e magnésio, que são, respectivamente, o terceiro e quinto nutrientes mais absorvidos pela cultura (Souza et al., 2009).

Sugere-se recomendar a quantidade de calcário para mandioca pelo critério da saturação por bases (V%), elevando o valor de V para 50%.

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(50-V1) \times CTC}{PRNT}$$

onde:

NC = necessidade de calagem (t ha⁻¹);

50 = saturação por bases do solo que se pretende alcançar (%);

V1 = saturação por bases do solo revelada pela análise química do solo (%);

CTC = capacidade de troca catiônica (cmol_c dm⁻³); e

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário, informação que deve constar na embalagem do corretivo (%).

Aconselha-se o máximo de uma tonelada de calcário por hectare, ainda que tenha sido encontrada quantidade mais elevada, pelo fato de a mandioca apresentar tolerância à acidez do solo. Vale lembrar que a má distribuição do calcário provoca o aparecimento de áreas localizadas (reboleiras) com pH elevado, o que induz a deficiências de Zn e Mn, refletidas em manchas amarelas que ocorrem nas plantas (Figura 1) (Souza et al., 2009; Lorenzi, 2012).



Figura 1. Sintomas de deficiência de manganês e zinco na planta (A) e na folha (B) da mandioca que são muito semelhantes e se confundem.

Ao final do ciclo da cultura e colheita das raízes, mas antes de preparar o solo para o plantio, deve-se realizar nova amostragem do solo e encaminhar para análise química.

Deve-se fazer a rotação de cultura na área antes de realizar um novo plantio de mandioca. A cultura em rotação pode ser de ciclo curto (3 a 5 meses) ou anual. Nessa situação, utiliza-se a dose máxima de calcário recomendada pela análise química do solo.

Deve-se dar preferência ao calcário dolomítico ou magnesiano, em razão da maior concentração em Mg. O calcário deve ser aplicado a lanço em toda a área, de modo uniforme, e incorporado até a profundidade de 20 cm ou mais, com antecedência de um a dois meses do plantio, para dar tempo de ele reagir no solo. A reação do calcário vai depender da disponibilidade de água no solo.

Recomendação de adubação

A mandioca absorve grandes quantidades de nutrientes e praticamente exporta tudo o que foi absorvido, quase nada retornando ao solo sob a forma de resíduos culturais: as raízes tuberosas são destinadas à produção de farinha, fécula e outros produtos, bem como para a alimentação humana e animal; a parte aérea (manivas e folhas), para novos plantios e também para a alimentação humana e animal. Em média, para a produção de 25 toneladas de raízes + parte aérea de mandioca por hectare, são extraídos 146 kg de K, 123 kg de N, 46 kg de Ca, 27 kg de P e 20 kg de Mg; assim, a ordem decrescente de absorção de nutrientes é a seguinte: $K > N > Ca > P > Mg$ (Gomes; Silva, 2006). A calagem e a adubação da mandioca preveem a reposição desses nutrientes.

Realizando-se a calagem e a adubação nas doses, épocas e modos de aplicação recomendados, e uso adequado das demais práticas de cultivo, estima-se um rendimento médio de 25 toneladas de raízes por hectare. Há que se ressaltar que a média nacional é de 14,7 toneladas de raízes por hectare (IBGE, 2019).

- **Adubação nitrogenada:** a mandioca tem apresentado baixas respostas em produção de raízes à aplicação de N mineral, mesmo em solos com baixos teores de matéria orgânica, embora ele seja o segundo nutriente absorvido em maior quantidade pela planta. Possivelmente, esse fato deve-se à presença de bactérias diazotróficas,

fixadoras de N atmosférico, no solo da rizosfera, nas raízes absorventes, nas raízes tuberosas e no caule da mandioca (Souza et al., 2009). Em função disso, a adubação com N mineral é um suporte preventivo, principalmente na fase de brotação e instalação da planta. Quando o objetivo é a produção de folhas ou hastes, com previsões de vários cortes da parte aérea no ano, a reposição do adubo nitrogenado é necessária, para proporcionar rápido crescimento vegetativo.

Na Tabela 1 descreve-se a recomendação de N para produção de raiz de mandioca e na Tabela 2 para produção de manivas-semente. No plantio sugere-se aplicar o N na forma orgânica e em cobertura o mineral, sendo 30 kg ha⁻¹ para produção de raízes e 60 kg ha⁻¹ para produção de manivas-semente.

Tabela 1. Recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para a produção de raiz de mandioca.

Nutriente	Quantidades e épocas de aplicação	
	Plantio	Cobertura
	N (kg ha⁻¹)	
N mineral ou orgânico	0	30
P no solo Mehlich-1 (mg dm⁻³)	P₂O₅ (kg ha⁻¹)	
Muito baixo	60	0
Baixo	40	0
Médio	20	0
Alto	0	0
K no solo (cmol_c dm⁻³)	K₂O (kg ha⁻¹)	
0 – 0,05	40	0
0,06 – 0,10	30	0
0,11 – 0,15	20	0

Fonte: Souza et al. (2009).

Tabela 2. Recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para produção de manivas-sementes de mandioca.

Nutriente	Quantidades e épocas de aplicação		
	Plantio	Cobertura	
		60 dias	120 dias
N (kg ha⁻¹)			
N mineral ou orgânico	0	30	30
P no solo Mehlich-1 (mg dm⁻³)			
P₂O₅ (kg ha⁻¹)			
Muito baixo	50	0	0
Baixo	30	0	0
Médio	10	0	0
Alto	0	0	0
K no solo (cmol_c dm⁻³)			
K₂O (kg ha⁻¹)			
0 – 0,05	30	0	0
0,06 – 0,10	20	0	0
0,11 – 0,15	10	0	0

Fonte: Rocha et al. (2014).

A cultura da mandioca apresenta respostas na produção de raízes e parte aérea, à aplicação de adubos orgânicos (esterços, tortas, compostos, adubos verdes e outros), principalmente em função das melhorias físicas, químicas e microbiológicas que ocorrem no solo. Devido a isso, esses adubos devem ser preferidos como fonte de N. A adubação mineral pode ser realizada na forma de ureia (44% de N) ou sulfato de amônio (20% de N).

- **Adubação fosfatada:** embora o P seja absorvido em pequenas quantidades pela mandioca, a resposta da planta à adubação fosfatada tem sido significativa, com aumentos expressivos de produtividade,

pelo fato de que os solos brasileiros em geral, e em particular os cultivados com mandioca, normalmente são pobres nesse nutriente.

Como a disponibilidade de P é influenciada pelo teor de argila, na Tabela 3 consta a classificação em categoria de disponibilidade dos teores de P pelo extrator de Mehlich-1. A interpretação do resultado obtido na análise química do solo e a recomendação da quantidade de fósforo (P_2O_5) a ser aplicada estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente, para produção de raízes e manivas-sementes. As doses variam de 0 a 60 kg por hectare para produção de raízes e de 0 a 50 kg por hectare para manivas-sementes, dependendo do teor do nutriente no solo.

Tabela 3. Classificação dos teores de fósforo (P-Mehlich-1) no solo ($mg\ dm^{-3}$) em função dos teores de argila.

Teor de argila no solo ($g\ kg^{-1}$)	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
	P no solo ($mg\ dm^{-3}$)				
> 600	$\leq 2,7$	2,8 – 5,4	5,5 – 8,0	8,1 – 12,0	> 12,0
351 – 600	$\leq 4,0$	4,1 – 8,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	> 18,0
151 – 350	$\leq 6,6$	6,7 – 12,0	12,1 – 20,0	20,1 – 30,0	> 30,0
0– 150	$\leq 10,0$	10,1 – 20,0	20,1 – 30,0	30,1 – 45,0	> 45,0

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

O superfosfato simples (18% de P_2O_5 , 20% de Ca e 11% de S) e o superfosfato triplo (42% de P_2O_5 e 10% de Ca) são os fertilizantes fosfatados mais utilizados. A aplicação deve ser feita no fundo da cova ou do sulco de plantio, cobrindo com uma camada de solo, para não “queimar” a maniva-semente. O superfosfato simples tem a vantagem de também conter enxofre na sua composição, nutriente que será fornecido juntamente com o fósforo.

- **Adubação potássica:** o K é o nutriente absorvido em maior quantidade pela mandioca, sendo que a resposta da planta à adubação potássica tem sido baixa nos primeiros cultivos, acentuando-se nos subseqüentes. Os solos cultivados com mandioca geralmente apresentam teores baixos (menores que $0,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) a médios ($0,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de K disponível, e também baixa capacidade de renovação desse nutriente no solo. Normalmente, após dois a quatro cultivos repetidos na mesma área o teor de K disponível no solo reduz significativamente e passa a limitar a produção.

A interpretação do resultado obtido na análise química do solo e a recomendação da quantidade de K (K_2O), pelo extrator de Mehlich-1, a ser aplicada são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente, para produção de raízes e manivas-sementes. As doses variam de 0 a 40 kg por hectare para produção de raízes e de 0 a 30 kg por hectare para manivas-sementes, dependendo do teor do nutriente no solo.

Os adubos potássicos mais utilizados são o cloreto de potássio (58% de K_2O e 45% de Cl) e o sulfato de potássio (50% de K_2O e 16% de S). A aplicação deve ser no fundo da cova ou do sulco de plantio, juntamente com o P, cobrindo em seguida com uma camada de terra, para não “queimar” a maniva-semente. Em solos muito arenosos e/ou em regiões com altas precipitações pluviais, parcela-se o K em duas aplicações, sendo metade da dose no plantio e a outra metade em cobertura, junto com o N, no período de 30 a 60 dias após a brotação das manivas, com o solo úmido. Em áreas fertirrigadas pode-se parcelar mais vezes a aplicação (Souza et al., 2009).

- **Adubação com micronutrientes:** na Tabela 4 são apresentadas as classes de disponibilidades dos micronutrientes B, Cu, Mn e Zn que podem ser considerados como níveis críticos para a mandioca.

Tabela 4. Interpretação dos resultados da análise do solo para disponibilidade de boro (B), extraído por água quente, e cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn), extraídos por Mehlich-1, e recomendação de adubação no solo.

Classes de disponibilidade	B	Cu	Mn	Zn
	Teor no solo (mg dm ⁻³)			
	kg ha ⁻¹			
Baixa	< 0,2	< 0,4	< 1,9	< 1,0
	1,0	1,0	5,0	4,0
Média	0,3 - 0,5	0,5 - 0,8	2,0 - 5,0	1,1 - 1,6
	0,3	0,3	0,8	0,8
Alta	> 0,5	> 0,8	> 5,0	> 1,6
	Dispensa	Dispensa	Dispensa	Dispensa

Aplicar na cova ou no sulco de plantio. Em negrito estão descritas as recomendações de aplicação do micronutriente em kg ha⁻¹.

Fonte: Souza et al. (2009).

O B pode ser suprido pelo bórax (11% de B) ou ácido bórico (17% de B), o Cu pelo sulfato de cobre (13% de Cu e 17% de S), o Mn pelo sulfato de manganês (26% de Mn e 14% a 15% de S) ou óxido de manganês (41% de Mn) e o Zn pelo sulfato de zinco (20% de Zn e 17% de S) ou óxido de zinco (50% de Zn). Em caso de deficiência no solo de Zn e Mn recomenda-se a aplicação preventiva de 4 kg de Zn (20 kg de sulfato de zinco) e 5 kg de Mn (20 kg de sulfato de manganês) por hectare, no solo, juntamente com o P e o K. Para as lavouras com deficiências evidenciadas nas folhas, deve-se pulverizar com uma solução contendo 2% a 4% dos produtos comerciais, ou seja, 2 kg a 4 kg de sulfato de zinco e/ou de sulfato de manganês diluído em 100 litros de água (Souza et al., 2009).

Análise foliar

A análise química foliar é importante para avaliar o estado nutricional das plantas, complementando a análise química do solo. Para a mandioca devem ser amostradas folhas mais jovens totalmente expandidas ou a primeira totalmente madura, em plantas com dois a cinco meses de idade, coletando-se 30 folhas em um talhão homogêneo (Cantarutti et al., 2007; Souza et al., 2009). As amostras devem ser acondicionadas em saco de papel, identificadas e encaminhadas para análise o mais rápido possível, para determinação dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

A interpretação da análise química de folhas pode ser feita com base nos níveis críticos apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Concentrações de nutrientes nas folhas de plantas de mandioca.

Nutriente	Estado nutricional				
	Deficiente ¹	Nível crítico ¹	Normal ¹	Normal ²	Tóxico ¹
g kg⁻¹					
Nitrogênio	< 45	57	50 – 60	58 – 59	-
Fósforo	< 2	4	3 – 5	3 – 5	-
Potássio	< 10	-	12 – 20	13 – 20	-
Cálcio	< 5	-	6 – 15	7,5 – 8,5	-
Magnésio	< 2	-	2 – 5	2,9 – 3,1	-
Enxofre	-	3	3 – 4	2,6 – 3,0	-
mg kg⁻¹					
Boro	< 15	-	15 – 50	30 – 60	> 140
Cobre	-	-	7 – 15	6 – 10	-
Ferro	< 50	-	60 – 200	120 – 140	> 250
Manganês	< 50	-	50 – 250	50 – 120	> 1.000
Zinco	< 35	35 – 50	40 – 100	30 – 60	-

¹Folhas jovens totalmente expandidas de plantas com dois a cinco meses de idade (Souza et al., 2009); ²Folhas maduras de plantas com três a quatro meses de idade (Cantarutti et al., 2007).

Sintomas visuais de deficiência

A planta de mandioca expressa a deficiência ou a toxidez de um nutriente ou elemento químico no solo por meio de sintomas, os quais são detalhados na Tabela 6.

Tabela 6. Descrições dos sintomas de deficiência e de toxidez de nutrientes e alumínio em mandioca.

Nutriente	Sintoma de deficiência / toxidez
Macronutriente	
Nitrogênio	Deficiência: crescimento reduzido da planta; em algumas cultivares ocorre amarelecimento uniforme e generalizado das folhas, iniciando nas folhas inferiores e atingindo toda a planta.
Sintoma nas folhas velhas (inferiores)	
Fósforo	Deficiência: crescimento reduzido da planta, folhas pequenas, estreitas e com poucos lóbulos (divisão da folha), hastes finas; em condições severas ocorre o amarelecimento das folhas inferiores, que se tornam flácidas e necróticas e caem. Diferentemente da deficiência de N, as folhas superiores mantêm sua cor verde-escura, mas podem ser pequenas e pendentes.
Potássio	Deficiência: crescimento e vigor reduzido da planta, entrenós curtos, pecíolos curtos e folhas pequenas; em deficiência muito severa ocorrem manchas avermelhadas, amarelecimento e necrose dos ápices e bordas das folhas inferiores, que envelhecem prematuramente e caem; necrose e ranhuras finas nos pecíolos e na parte superior das hastes; redução do teor de amido nas raízes.
Magnésio	Deficiência: clorose internerval marcante nas folhas inferiores, iniciando nos ápices ou bordas das folhas e avançando até o centro; em deficiência severa as margens foliares podem tornar-se necróticas; pequena redução na altura da planta.
Sintoma nas folhas jovens (superiores)	
Cálcio	Deficiência: crescimento reduzido da planta; folhas superiores pequenas, com amarelecimento, queima e deformação dos ápices foliares; escassa formação de raízes.
Enxofre	Deficiência: amarelecimento uniforme das folhas superiores, similar ao produzido pela deficiência de N; algumas vezes são observados sintomas similares nas folhas inferiores.

continua...

Tabela 6. Continuação.

Nutriente	Sintoma de deficiência / toxidez
Micronutriente	
Sintoma nas folhas jovens (superiores)	
Boro	<p>Deficiência: altura reduzida da planta, entrenós e pecíolos curtos, folhas jovens (superiores) verde-escuras, pequenas e disformes, com pecíolos curtos; manchas cinzas, marrons ou avermelhadas nas folhas completamente desenvolvidas; exsudação gomosa cor de café nas hastes e pecíolos; redução do desenvolvimento lateral da raiz.</p> <p>Toxidez: manchas brancas ou marrons nas folhas velhas, especialmente ao longo dos bordos foliares, que posteriormente podem tornar-se necróticas.</p>
Cobre	<p>Deficiência: deformação e clorose uniforme das folhas superiores; ápices foliares tornam-se necróticos e as margens das folhas dobram-se para cima ou para baixo; pecíolos largos e pendentes nas folhas completamente desenvolvidas; crescimento reduzido da raiz.</p>
Ferro	<p>Deficiência: clorose uniforme das folhas superiores e dos pecíolos, os quais se tornam brancos em deficiência severa; inicialmente as nervuras e os pecíolos permanecem verdes, tornando-se de cor amarela-pálida, quase branca; crescimento reduzido da planta; folhas jovens pequenas, porém em formato normal.</p>
Manganês	<p>Deficiência: clorose entre as nervuras nas folhas superiores ou intermediárias completamente expandidas, semelhante à deficiência de Zn (Figura 1); clorose uniforme em deficiência severa; crescimento reduzido da planta; folhas jovens pequenas, porém em formato normal. Essa deficiência pode ocorrer quando o pH do solo está acima de 5,8 e os teores de Ca e Ca+Mg são superiores a $3,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $5,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente.</p> <p>Toxidez: amarelecimento das folhas velhas, com manchas pequenas escuras de cor marrom ou avermelhada ao longo das nervuras; as folhas tornam-se flácidas e pendentes e caem no solo.</p>
Zinco	<p>Deficiência: manchas amarelas ou brancas entre as nervuras nas folhas jovens, as quais com o tempo tornam-se cloróticas (semelhante à deficiência de Mn) (Figura 1), com lóbulos muito pequenos e estreitos, podendo crescer agrupadas em roseta; manchas necróticas nas folhas inferiores; crescimento reduzido da planta.</p>
Alumínio	
Alumínio	<p>Toxidez: Redução da altura da planta e do crescimento da raiz; amarelecimento entre as nervuras das folhas velhas sob condições severas.</p>

Fonte: Howeler (1981).

Informações complementares

O efeito benéfico da micorriza arbuscular ocorre particularmente nas plantas que apresentam um sistema radicular reduzido e pouco ramificado, como a mandioca. As micorrizas são associações simbióticas naturais entre fungos micorrízicos do solo e as raízes das plantas. As hifas (filamentos) externas do fungo podem estender-se no solo, funcionando como um sistema radicular adicional, e absorver nutrientes de um volume maior de solo, transferindo-os para as raízes colonizadas. Isso é especialmente importante para a absorção de nutrientes com baixa mobilidade no solo, como o P.

A mandioca é altamente dependente de micorrizas arbusculares e apresenta alta colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nativos, como é o caso da espécie *Glomus manihotis*, que se desenvolve melhor em solos ácidos. Quando presentes no solo e na planta, os fungos micorrízicos arbusculares aumentam a eficiência da calagem e adubação fosfatada na mandioca. Esses fungos ocorrem naturalmente nos solos, e tem sido demonstrado que a rotação de culturas favorece a sua multiplicação e estimula a formação das micorrizas. Culturas anuais como feijão, milho e adubos verdes (mucuna, crotalárias, feijão-de-porco, guandu, girassol, milheto, mamona), assim como forrageiras (estilosantes, andropogon, urochloas), apresentam elevado grau de dependência micorrízica; quando utilizadas em um sistema de rotação essas culturas aumentam a população dos fungos micorrízicos arbusculares e beneficiam os cultivos subsequentes. Desse modo, o cultivo da mandioca de forma consorciada ou em rotação poderá aumentar a população de fungos micorrízicos arbusculares e, conseqüentemente, a eficiência dos insumos utilizados para correção da acidez e adubação (Souza et al., 2009).

Recomendação de adubação para sistema orgânico

Em cultivo orgânico, os adubos devem preferencialmente melhorar os atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo, ou seja, a fertilidade do solo, e não somente fornecer nutrientes à planta. Os adubos podem ser de origem animal (estercos), vegetal (leguminosas, gramíneas, oleaginosas), minerais (rochas naturais, ricas em P e K) e resíduos industriais (tortas e efluentes sem metais pesados). Alguns exemplos de adubos são esterco de animais (bovinos, caprinos, aves e suínos), torta de mamona, raspas de mandioca, manipueira, fosfatos naturais, farinha de ossos, leguminosas (feijão-de-porco, crotalárias, guandu, etc.), gramíneas (milheto, sorgo, etc.), oleaginosas (girassol, mamona) e ainda a própria vegetação espontânea.

Na aplicação, deve-se preferir que cubram toda a área de plantio; mas, quando houver baixa disponibilidade, podem ser aplicados nas covas ou sulcos de plantio. As rochas silicáticas (40% a 60% de Si) também apresentam teores significativos de K, Ca e Mg, atuando na correção da acidez do solo e fornecendo esses nutrientes às plantas.

- **Adubação nitrogenada:** o fornecimento de adubos orgânicos para as plantas geralmente baseia-se no teor de N disponível. Para mandioca, por exemplo, prevê-se a aplicação de, pelo menos, 6 (seis) toneladas de esterco de gado curtido por hectare, ou 0,5 kg a 1,0 kg de esterco de curral curtido por planta no plantio (6,2 t a 12,5 t por hectare). Observaram produtividade acima de 49 t por hectare, com a adição de 18 t por hectare de esterco curtido de galinha (Rós et al., 2013). A prática da parcagem (adubação do solo diretamente pelos animais) obteve produtividade de raízes (38,6 t por hectare) maior em relação às duas adubações orgânicas (média 32,8 t por hectare) (Gomes; Silva, 2006).

- **Adubação fosfatada:** os fosfatos naturais, apesar da baixa solubilidade e de disponibilizar prontamente apenas 4% de P_2O_5 , apresenta teor de P-total superior a 20%; aplicado juntamente com adubos orgânicos (esterços, composto), aumentam a mineralização da rocha natural, principalmente melhorando a disponibilização de P para as plantas. No preparo de compostos orgânicos recomenda-se a aplicação de P, para enriquecê-lo, utilizando rochas naturais moídas (0,04% a 1,2% de P_2O_5) e farinha de ossos (15,5% de P_2O_5).
- **Adubação potássica:** o K pode ser fornecido por meio de esterços animais (bovino, aves, caprinos e suínos) cujas concentrações variam de 0,6% a 4,4% de K_2O , raspa de mandioca (1,3% de K_2O), tortas de mamona (1,6% de K_2O), torta de algodão (1,3% de K_2O), manipueira (0,24% de K_2O). Cinzas, geradas em fornos de indústrias, como em casas de farinha e outras, apresentam teores de K de 4,5% a 17,5% de K_2O e também podem ser utilizadas como fonte do nutriente (Arruda et al., 2016). Com a manipueira, pura e diluída (1:1) obteve-se produções de raízes de mandioca de 19,56 t por hectare e 17,25 t por hectare, respectivamente, 150% superior à testemunha sem manipueira (7,07 t por hectare) (Diniz et al., 2016).

Referências

ARRUDA, J. A.; AZEVEDO, T. A. O.; FREIRE, J. L. O.; BANDEIRA, L. B.; ESTRELA, J. W. M.; SANTOS, S. J. A. Uso da cinza de biomassa na agricultura: efeitos sobre atributos do solo e resposta das culturas. **Revista Principia**, n. 30, p. 1-13, 2016.

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. de; PRIETO, H. E.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; 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. 769-850.

DINIZ, M. de S.; TRINDADE, A. V.; LEDO, C. A. da S. **A manipueira na adubação da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016. 6 p.

FAO. **FAOSTAT: production – crops, 2019**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat>. Acesso em: 25 jan. 2021.

GOMES, J. de C.; SILVA, J. da. Correção da acidez e adubação. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. cap. 9, p. 215-247.

HOWELER, R. H. **Nutrición mineral y fertilización de la yuca (*Manihot esculenta Crantz*)**. Cali: Ciat, 1981. 55 p. (Ciat. Série 09SC-4).

IBGE. **Produção Agrícola Municipal, 2019**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 27 out. 2020.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. 2 ed. Campinas: CATI, 2012. 129 p. (Boletim Técnico, 245).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais 1999, 359 p.

ROCHA, H. S.; ARAUJO, J. C. de; SILVA, A. C. M. da; OLIVEIRA, S. A. S. de; BORGES, A. L.; FERREIRA FILHO, J. R.; MEISSNER FILHO, P. E.; SILVEIRA, H. F. da; RINGENBERG, R.; CARDOSO, C. E. L. **Recomendações técnicas para a produção de manivas-semente de mandioca a partir de mudas micropropagadas. O papel do “maniveiro” - Projeto RENIVA**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2014. 32 p.

RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; NARITA, N. Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 247-254, 2013.

SOUZA, L. da S.; SILVA, J. da; SOUZA, L. D.; GOMES, J. de C. Calagem e adubação para mandioca. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p. 126-144.

