

CULTIVO DE MANDIOCA NA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ E EFEITO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Jameson Borges da Silva¹; Tiago Roque Benetoli da Silva^{1*}; Antonio Nolla¹ e Charline Zaratín Alves²

¹Universidade Estadual de Maringá-UEM, Campus Regional de Umuarama, Departamento de Ciências Agronômicas. Estrada da paca s/n, Bairro São Cristóvão, Umuarama-PR, CEP: 87502-970. E-mail: jborges.agro@gmail.com, trbsilva@uem.br, anolla@uem.br

²Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul, Avenida Engenheiro Douglas Ribeiro Pantaleão nº5167, Bairro Greenville, Chapadão do Sul-MS, CEP: 79560-000. Email: charline.alves@ufms.br

*autor correspondente: trbsilva@uem.br

RESUMO: A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura de grande relevância socioeconômica, especialmente na agricultura familiar, sendo amplamente cultivada no Brasil e no mundo. Apesar de sua rusticidade e capacidade de produção em solos de baixa fertilidade, a cultura apresenta elevada extração de nutrientes, com destaque para o potássio, essencial para processos fisiológicos como transporte de carboidratos e formação de raízes tuberosas. Em solos arenosos, como os predominantes na região noroeste do Paraná, a baixa capacidade de retenção de nutrientes intensifica a necessidade de manejo adequado da adubação potássica. O presente estudo aborda a importância do potássio na cultura da mandioca, destacando aspectos relacionados à fertilidade do solo, manejo nutricional, fontes de fertilizantes e efeitos sobre produtividade e qualidade das raízes. Evidências indicam que a aplicação adequada de potássio, especialmente de forma parcelada, contribui significativamente para o incremento da produtividade, teor de amido e características comerciais das raízes. Assim, o manejo racional da adubação potássica é fundamental para a sustentabilidade e rentabilidade do cultivo de mandioca na região estudada.

PALAVRAS-CHAVE: *Manihot esculenta*, potássio, tuberosa.

CASSAVA CULTIVATION IN NORTHWESTERN PARANÁ AND THE EFFECT OF POTASSIUM FERTILIZATION

ABSTRACT: Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is a crop of great socioeconomic importance, especially for family farming, being widely cultivated in Brazil and worldwide. Despite its rusticity and ability to grow in low-fertility soils, cassava exhibits high nutrient extraction, particularly potassium, which plays a key role in physiological processes such as carbohydrate transport and tuberous root formation. In sandy soils, such as those predominant in the northwestern region of Paraná, the low nutrient retention capacity increases the need for proper potassium fertilization management. This study discusses the importance of potassium in cassava cultivation, highlighting aspects related to soil fertility, nutritional management, fertilizer sources, and effects on yield and root quality. Evidence indicates that adequate potassium application, especially when split into multiple doses, significantly contributes to increased productivity, starch content, and commercial root characteristics. Therefore, rational potassium fertilization management is essential for the sustainability and profitability of cassava cultivation in the studied region.

KEY WORDS: *Manihot esculenta*, potassium, tuberous.

INTRODUÇÃO

Com variação de nomes, devido a ser muito utilizada na culinária das diferentes regiões brasileiras, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) também é conhecida como aipim, macaxeira, castelinha, uaipi (Leão, 2022). Por ser originária do Brasil, e cultivada em todo o país, é considerada a mais genuína das culturas (Silva, 2016). Acredita-se que a mandioca seja a planta cultivada que está mais disseminada no território brasileiro e que é o país que mais varia nas formas de utilizar a planta (Santos, 2010).

Pertencente à família *Euphorbiaceae*, a mandioca é uma planta dicotiledônea e sua raiz tuberosa serve como base energética para mais de 700 milhões de pessoas em todo o mundo, além de estar presente na alimentação animal e na indústria (Gonçalves, 2022). Apresenta raízes basais e laterais, acumulando e formando as raízes tuberosas. Já os caules têm altura de um a três metros, dependendo das variedades, as quais são influenciadas pela genética, condições de fertilidade do solo e época de realização do plantio (Gonçalves, 2018).

Alves (2006) descreve a mandioca como uma planta de ciclo perene, de crescimento indeterminado, a qual intercala estádios vegetativos de intensa atividade metabólica – desenvolvimento foliar, estabelecimento da copa, translocação de carboidratos para as raízes – e dormência, quando ocorre a paralização do crescimento vegetativo, situação essa influenciada por fatores abióticos, como, por exemplo, baixas temperaturas com duração prolongada e déficit hídrico.

Conforme Cardoso et al. (2006), existem duas formas de classificar as raízes da mandioca, ou seja, “mandioca de mesa”, a qual corresponde às cultivares cujas raízes são comercializadas in natura, e a “mandioca para indústria”, as quais são destinadas à produção de fécula e farinha, ou então, como amido modificado, utilizado em alimentos embutidos, embalagens, papelão e nas indústrias têxtil e farmacêutica.

Santos (2010) destacou que a fécula, também conhecida como goma ou polvilho, possui inúmeras aplicações, desde a alimentação, como bolo, tapioca, mingau, sorvete e biscoitos, até sua utilização na mineração, com o amido atuando na separação do minério de ferro e também na extração de petróleo, quando evita o desgaste de brocas de perfuração de poços. Outras formas de emprego do produto estão nas indústrias de celulose e cosméticos.

Tradicionalmente, a mandioca é considerada uma cultura que exige baixo aporte de corretivos, adubos e agroquímicos, com tolerância significativa aos períodos de déficit hídrico. Outra característica importante é a capacidade de poder permanecer no solo por longos

períodos, possibilitando escalonamento da colheita, seja para o consumo, em forma de alimento, seja para a utilização das raízes na indústria (Lucena et al., 2015).

Não é comum que a cultura da mandioca apresente resposta positiva à adubação potássica, isso quando o solo contém teores razoáveis do nutriente. No entanto, como a quantidade de extração de potássio é muito grande, espera-se resultados positivos, por meio da adubação, quando em áreas de cultivos sucessivos ou em solos arenosos (Lorenzi, 2012).

Normalmente, o solo das áreas cultivadas com mandioca apresenta baixos (0,06 a 0,12 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) a médios (0,13 a 0,21 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) teores de potássio, além de baixa capacidade de restaurar o nutriente no solo. Isso porque a reciclagem é quase inexistente, uma vez que as raízes exportam, praticamente, toda a quantidade absorvida do solo. A fração de restos culturais é muito pequena após a colheita e, como o potássio é o nutriente exportado em maior quantidade pela mandioca, é necessário que sejam acompanhadas as condições nutricionais do solo, por meio de análises químicas (Silva, 2014).

Ernani et al. (2007) reforçam que para a realização da adubação potássica é necessário considerar o sistema como um todo, ou seja, as doses a serem aplicadas precisam levar em conta a diferença do que o solo mais restos culturais irão disponibilizar, menos o que a cultura irá precisar. Como a mandioca é considerada tolerante a solos de baixa fertilidade, Uchôa et al. (2014) sustentam que pesquisas sobre resposta à adubação têm sido negligenciadas. Todavia, o crescimento na demanda por seus produtos requer produtividades significativas, com alto rendimento de raiz e teor de amido; para isso, a fertilidade do solo é fator decisivo.

Assim, há necessidade da realização de experimentos com adubação potássica na mandioca, que apresentem consistência nos resultados para informar as melhores opções de fertilizantes potássicos a serem utilizados, bem como a melhor época e dose ideal a serem implementadas, com o intuito de promover maior produtividade e lucratividade.

Muito se vê os mandiocultores, no momento de planejar a compra do fertilizante, priorizarem formulações que contenham fósforo e acabam não investindo em opções que contenham potássio, seja para adubação no sulco/linha de plantio ou em cobertura. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a importância do potássio para a cultura da mandioca em solo de textura arenosa e o efeito de doses de adubação potássica, aplicadas em cobertura, no que tange ao incremento dos fatores que influenciam nas características das raízes tuberosas e na produtividade.

REVISÃO

IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA CULTURA DA MANDIOCA

A cultura da mandioca possui importância preponderante na agricultura familiar, pois contribui para a alimentação das famílias que residem em meio rural; isso porque a raiz tuberosa pode ser consumida in natura ou na forma de farinha e seus derivados (Modesto Júnior e Alves, 2016). Os autores enfatizam que o cultivo possibilita, ainda, a geração de trabalho e renda por meio da venda do produto ou de seus derivados. Santos (2012) destaca que por ser uma raiz com alto teor de amido, a mandioca se constitui em alimento energético básico de milhões de habitantes dos trópicos de todo o mundo.

Tamanho a sua importância para o agronegócio como um todo, de acordo com o Departamento de Economia Rural do Paraná – Deral (2021), a produção mundial de mandioca passou de 99 milhões para, aproximadamente, 304 milhões de toneladas, nos últimos 50 anos, isto é, crescimento de 207% – 4,2% ao ano.

Segundo a Embrapa Mandioca e Fruticultura (2023), dados da *Food And Agriculture Organizations Of The United Nations* – FAO revelam que a mandioca ocupou uma área de 29.652.105 hectares espalhados pelo mundo, em 2021, com produtividade média de 10.620 kg ha⁻¹, totalizando 314.806.748 toneladas de produção do tubérculo. Nos últimos 50 anos, a África teve participação significativa para o aumento da produção mundial de mandioca, pois passou de 40 milhões para 192 milhões de toneladas, o que representa cerca de 60% da produção mundial, em 2019 (Deral, 2021). De acordo com a FAO, a Nigéria é o país que impulsiona a produção significativa do continente africano. Em 2021, o país produziu mais de 63 milhões de toneladas, mantendo-se como líder mundial (Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2023).

A América Latina já foi líder na produção mundial de mandioca, contudo, retrocedeu consideravelmente após a década de 1970: de 30% para, apenas, 8% de participação. As principais reduções ocorreram no Brasil, que de 30 milhões de toneladas passou a produzir, em média, 18 milhões de toneladas. Apesar desta redução, a produção brasileira continua a liderar na América Latina, com uma média de 70 a 75% de participação. A redução na produção brasileira é devido ao menor uso da mandioca para o consumo animal, que foi substituído pelas rações balanceadas, além da substituição de 2% de farinha de raspa de mandioca na farinha panificável (Deral, 2021).

Já no ranking de produção mundial, o Brasil vem oscilando entre a quarta e quinta colocação, nos últimos anos. Em 2021, foram 18,5 milhões de toneladas colhidas (Conab, 2022). Dados do relatório do mês de abril, da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2023), indicam que a produção brasileira, em 2022, foi de 18,2 milhões de toneladas; já a expectativa para 2023 é de que sejam colhidas 18,59 milhões de toneladas – incremento de 2,12% em relação ao ano anterior – em uma área de 1,25 milhões de hectares.

Um dos destaques da produção brasileira de mandioca é o estado do Paraná, que ocupa a segunda posição no ranking nacional, ficando atrás, apenas, do Pará. Segundo o Deral (2023), estima-se que a produção paranaense na safra 22/23 alcance 3,1 milhões de toneladas, aumento de quase 15% se comparada ao ano anterior, quando foram colhidas 2,7 milhões de toneladas. A área plantada também sofreu acréscimo, passando de 123 mil para 136 mil hectares.

Na safra 21/22, a área cultivada de mandioca, nos principais Núcleos Regionais do Paraná, foi de 110.340 hectares, sendo que Umuarama (45 mil hectares) e Paranavaí (38 mil hectares), juntos, corresponderam a mais de 75% da área de produção. O restante ficou distribuído nos Núcleos Regionais de Maringá, Toledo, Curitiba e Campo Mourão (Deral, 2021).

Além de importante na produção, a Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca – ABAM (2022) enfatiza que o Paraná possui o maior parque industrial do país, pois responde por 70% de toda fécula produzida no Brasil. O território brasileiro conta com 71 fecularias, e 42 delas estão localizadas no Paraná, o que representa, aproximadamente, 60% do parque industrial (Deral, 2021).

Quanto ao mercado interno da mandioca, de acordo com a Conab (2022), sucessivas altas de preços marcaram o ano de 2022. A baixa disponibilidade de raízes para comercialização – resultado do baixo rendimento e produtividade das lavouras, devido aos problemas climáticos, como frio intenso, geada e estiagem prolongada – fez com que os preços atingissem média 70% maiores do que em 2021. No Paraná, por exemplo, a tonelada da raiz chegou a R\$ 1.193,00 no fim de dezembro de 2022.

Já em 2023, o cenário de preços da mandioca se comportou diferentemente em relação ao ano anterior, e isso porque sucessivas quedas foram registradas. A estabilidade climática favoreceu as colheitas e a produtividade na maioria das lavouras atingiu patamares significativos, fatores que resultaram no aumento na oferta de raízes, conseqüentemente, acréscimo nos estoques do produto. No Paraná, o Deral (2023) relata que, no mês de maio, em média, a tonelada da raiz foi comercializada a R\$ 783,00 o que representou queda significativa

em um curto período, já que até fevereiro de 2023 o produto foi comercializado a R\$ 1.112,00 a tonelada.

Para o CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (2021), o cenário de forte volatilidade dos preços na cadeia está atrelado à ausência de mecanismos de comercialização que proporcionem mais rentabilidade ao negócio, dentro da porteira. Tais mecanismos poderiam, também, minimizar os efeitos colaterais resultantes da instabilidade de oferta e demanda tão presentes nestes mercados e possibilitar menor volatilidade dos preços, de forma a resultar na ampliação da participação no mercado externo.

Em relação ao mercado internacional, o relatório do mês de fevereiro da Conab (2023) destaca que dos produtos que compõem a cadeia produtiva da mandioca, a fécula tem grande destaque, porque foram exportadas 43,6 mil toneladas, em 2022, caracterizadas pelo aumento de 6% em relação ao ano anterior e o segundo ano consecutivo com recordes de exportação. Dos demais produtos, a farinha é absorvida pelo mercado interno e a exportação de raízes ainda está se iniciando.

A Conab (2022) salienta que a receita gerada com a exportação de fécula em 2022 foi de 35 milhões de dólares. Como destino para a fécula produzida no Brasil, o Paraguai comprou 15,3 mil toneladas e, por isso, figura-se no topo da lista. Os EUA compraram mais de 11 mil toneladas; já a Bolívia e a Colômbia absorveram 4 mil e 3,5 mil toneladas, respectivamente. Em seguida, aparecem a Argentina, Espanha e Holanda com, aproximadamente, 1,2 mil toneladas para cada país. Em 2021, os principais estados brasileiros exportadores de fécula de mandioca, foram: Paraná, São Paulo e Santa Catarina, com 8.418 toneladas, 6.483 toneladas e 658 toneladas, respectivamente (Deral, 2021).

Já é realidade o aumento das exportações ao mercado internacional e isso promove boas perspectivas de desenvolvimento, o que amplia a possibilidade de atender mais a demanda de países cujo mercado ainda não está fidelizado (Conab, 2022).

TRATOS CULTURAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DA CULTURA

Cravo e Souza (2016) evidenciam que o preparo da área se dá como uma das etapas mais importantes do plantio, considerando o desempenho operacional da máquina, com o intuito de obter *stand* de qualidade, para explorar o máximo rendimento das raízes. Os autores descrevem como o início do preparo, a gradagem pesada, em profundidade de 20 cm. Dez a quinze dias

depois, realiza-se a aplicação do calcário – conforme necessidade, com base em análise química do solo – e a primeira passagem da grade niveladora, de 10 a 15 cm de profundidade. Logo em seguida, realiza-se a segunda gradagem niveladora, para acertar o terreno.

Silva et al. (2013) apontam o sistema de preparo de solo e a adubação, devido às influências nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, como sendo as principais práticas culturais que interferem na produtividade das raízes tuberosas de mandioca, pois tais alterações no sistema influenciam diretamente no estabelecimento e no desenvolvimento da cultura.

Com foco em promover melhores condições de desenvolvimento das raízes, que é o principal produto da mandioca, recomenda-se o cultivo em solos profundos e porosos, sendo ideais os solos arenosos, ou os de textura média, pois facilitam o crescimento das raízes, bem como a colheita (Souza et al., 2009).

Já o plantio é realizado com manivas-semente, isto é, pedaços das hastes (ramas) do terço médio da planta, em torno de 20 cm de comprimento, contendo de cinco a sete gemas. É fundamental a seleção e preparo do material de plantio, que deve estar livre de pragas e doenças, e que não tenha sido danificado por granizos ou geadas (Souza e Fialho, 2003).

O espaçamento varia em função do hábito de crescimento das cultivares e do arranjo das linhas de plantio, que pode ser em fileiras simples ou em fileiras duplas (Cravo e Souza, 2016). De cinco a quinze dias depois do plantio ocorre a emergência, sendo que temperaturas do ar menor que 17° C e maior do que 37° C prejudicam as brotações. São consideradas ótimas, para rápida brotação, temperaturas entre 28,5 a 30° C (Souza et al., 2006).

IMPORTÂNCIA NUTRICIONAL PARA O CULTIVO DA MANDIOCA

A cultura da mandioca tem a capacidade de produzir, satisfatoriamente, em solos que apresentam baixas condições de fertilidade química, até mesmo em solos ácidos (Souza et al., 2006). Contudo, Nunes et al. (2020) consideram necessária a realização da calagem para a correção da acidez, não apenas para elevação do pH mas, principalmente, com o objetivo de fornecer cálcio e magnésio às plantas. Deste modo, faz-se necessário implementar formas apropriadas de manejo dos solos, com aplicação correta da calagem e da adubação, com o objetivo de se obter boas produtividades (Cravo et al., 2016).

A ordem de exigência nutricional da mandioca é: potássio, cálcio, nitrogênio, fósforo e magnésio. A cultura exporta do solo elevadas quantidades de nutrientes; exemplo: para uma

produção de 25 toneladas de raízes e parte aérea de mandioca, por hectare, são extraídos 123 kg de N, 27 kg de P, 146 kg de K, 46 kg de Ca e 20 kg de Mg (Thomas et al., 2016). De acordo com Cravo et al. (2016) é evidente que a mandioca responde à adubação, indiferente da fonte nutricional, pois se faz necessária a reposição, ao solo, pelo menos das quantidades de nutrientes exportadas pela cultura.

EFEITOS DO POTÁSSIO E INTERAÇÃO NO SOLO

Presente nas plantas como o cátion K^+ , o potássio desempenha importantes funções, como a regulação do potencial osmótico das células vegetais, ativação de várias enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (Taiz e Zeiger, 2004). Entre outras funções, o potássio atua no mecanismo de transporte de carboidratos, resultantes do processo fotossintético (Otsubo e Lorenzi, 2002).

Raij (2011) ressalta que a absorção de potássio, pelas plantas, é dependente da difusão do nutriente por meio da solução do solo, principalmente e, em proporção menor, do fluxo de massa. O autor evidencia que o que está disponível para as plantas é o teor trocável, isto é, a principal fonte de reposição do potássio na solução do solo.

Acredita-se que o potássio seja o nutriente mais reciclado pelas culturas, pois essas retiram o elemento das camadas mais profundas do solo, deixando-o disponível na superfície, após a decomposição dos restos vegetais (Raij, 2011).

Lorenzi (2012) afirma que esse elemento é o mais extraído pela mandioca, e é essencial no transporte de carboidratos da parte aérea para as raízes. A carência de potássio pode promover excesso de produção da parte aérea e baixa produção das raízes.

Pavinato et al. (2017), no Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná, recomendam para o cultivo da mandioca, em solos com baixo teor de potássio, de 121 a 160 kg ha^{-1} de K_2O , para uma produção acima de 40 toneladas por hectare. Os autores reforçam que para a interpretação do potássio disponível no solo, pelo método de extração por Mehlich-1, deve ser seguido os seguintes teores de K trocável ($cmol_c dm^{-3}$): muito baixo – menor que 0,06; baixo – 0,06 a 0,12; médio – 0,13 a 0,21; alto – 0,22 a 0,45; e muito alto – maior que 0,45.

Geralmente, quando são realizados de dois a quatro cultivos seguidos, na mesma área, o teor de potássio disponível no solo tende a reduzir significativamente, promovendo limitação da produção (Borges et al., 2021).

Para adubação com produtos potássicos, os mais utilizados são o cloreto de potássio, que possui de 58% a 60% de K_2O , e o sulfato de potássio que tem 50% de K_2O e 16% de S (Borges et al., 2021). O sulfato de potássio (K_2SO_4) possui alta solubilidade, mas tem índice salino menor do que o KCl. O nitrato de potássio (KNO_3), por sua vez, apesar de conter dois nutrientes (13% de N e 44% de K_2O) é pouco utilizado, devido ao seu alto custo. É, ainda, um fertilizante que apresenta baixa higroscopicidade. Este, também possui o índice salino menor, se comparado ao KCl. Outra opção é o sulfato duplo de K e Mg ($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$), porém, é um fertilizante com baixa concentração de K (22% de K_2O), que também contém 11% de Mg e 22% de S (Ernani et al., 2007).

Reis (2008) indica que produtores de tubérculos utilizam o sulfato de potássio, devido à melhora da qualidade do produto, pois favorece o acúmulo de carboidratos e de proteínas. Para o autor, o custo do cloreto de potássio é geralmente inferior, contudo, este fertilizante apresenta efeitos indesejáveis devido à presença do cloro na formulação, afetando o teor de matéria seca e de amido. Gonçalves (2018) observou incremento de 12% na média da produtividade de mandioca quando utilizou o sulfato de potássio em relação ao cloreto de potássio.

Outra opção como fertilizante são os adubos orgânicos, pois permitem aumento nos estoques totais de carbono orgânico e nitrogênio. Os nutrientes que compõem esses adubos não são prontamente disponibilizados às plantas no momento da adubação, mas ao decorrer do ciclo da cultura. Essa liberação dos nutrientes, por meio da decomposição do material orgânico, resulta em menor perda por lixiviação (Thomas, 2015).

Os adubos orgânicos são importantes para a mandioca não só como fonte de nutrientes, mas, também, como condicionadores do solo, com o intuito de melhorar a disponibilidade de nutrientes, estrutura, aeração e retenção de água. Dentre as opções, o esterco de gado e a cama de frango são as mais utilizadas e possuem composição variável (Fialho e Vieira, 2011).

Por ser facilmente lixiviado em solos arenosos, quando comparado a solos com teores maiores de argila (Werle et al., 2008), o potássio é indicado em aplicação com doses parceladas, em cobertura, com o intuito de aumento da produtividade, haja vista que a mandioca é uma cultura característica de crescimento lento e ciclo longo (Rós, 2013).

A recomendação é de que a adubação potássica seja parcelada em 30 kg ha^{-1} de K_2O no plantio e o restante em cobertura, aos 30 dias após brotação. Todavia, quando o solo utilizado apresentar menos de 15% no teor de argila, a recomendação é que a adubação de potássio seja em cobertura e parcelada em duas vezes, sendo 50% aos 30 dias após a brotação e 50% aos 60 dias (Fialho e Vieira, 2011). Já Nunes et al. (2020) recomendam que, quando em cobertura, a

primeira aplicação aconteça até 45 dias após o plantio, a segunda até 75 dias após o plantio e, a terceira, até 90 dias após o plantio, sendo que a dose total a ser aplicada seja parcelada em, pelo menos, duas coberturas, em percentuais equivalentes.

Para as doses de 0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O, de adubação potássica em mandioca, Silva et al. (2017) avaliaram que os componentes de crescimento da planta, diâmetro do caule, altura da primeira ramificação e altura da planta sofreram influência positiva, conforme as doses crescentes. De acordo com os autores, os melhores resultados foram obtidos com a dose de 240 kg ha⁻¹ de K₂O: diâmetro do caule com 29,36 mm; altura da primeira ramificação com 100,8 cm; e altura da planta 25% mais altas quando comparada com as não adubadas.

Sousa (2014) evidencia que o número de raízes tuberosas, número de raízes comerciais, produtividade de raiz comercial e produtividade de amido, aumentaram em função das doses de K₂O; além disso, teor de amido, teor de matéria seca e rendimento de farinha exibiram percentuais mais significativos nas doses de 150 kg ha⁻¹, 147 kg ha⁻¹ e 203 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. Entretanto, para Silva et al. (2017), largura da folha, número de lóbulos e a relação entre comprimento do lóbulo central pela largura do lóbulo central não foram afetados por doses de potássio.

O potássio é o nutriente mais perdido em situações de escoamento superficial, erosões que causam o arraste do solo (Araújo et al., 2016). Perdas de potássio por lixiviação ocorrem com mais intensidade em regiões com alto índice de chuvas, em solos de textura arenosa e com baixa Capacidade de Troca de Cátions (CTC). A prática de enriquecer o perfil do solo com potássio, oriundo de fontes solúveis, pode também resultar em perdas por lixiviação, até mesmo em solos argilosos e com alta CTC (Gomes et al., 2022).

Werle et al. (2008), em trabalho realizado com duas amostras de Latossolos Vermelhos distróficos, um com textura média (21% de argila) e o outro com textura argilosa (48% de argila), onde foi realizada adubação potássica na cultura da soja, durante seis anos, chegaram aos resultados de que as aplicações anuais de potássio proporcionaram aumento da quantidade total do nutriente percolado nos dois tipos de solo, após 1.600 mm de água. Os autores identificaram que as maiores perdas ocorreram no solo de textura argilosa, o que, possivelmente, pode ter sido consequência do maior teor de K presente nesse solo. Ernani et al. (2007) reforçam que “a lixiviação de K depende de sua presença em concentrações significativas na solução do solo, razão porque aumenta com a adição de fertilizantes potássicos e da quantidade de água que percola no perfil”.

Conforme Werle et al. (2008), as análises iniciais apontaram que os teores de potássio no solo mais arenoso eram bem inferiores, quando comparados aos do solo argiloso, isto é, as perdas por lixiviação eram intensas no campo, resultado da menor capacidade de retenção do nutriente. Para Santos et al. (2015) a lixiviação do potássio em solos arenosos depende de vários fatores, mas, principalmente, do regime de chuva, da dose a ser aplicada, da cultura ou sistema de cultivo realizado. Por isso, a necessidade da assertividade no manejo para diminuir os problemas e perdas.

A relação e equilíbrio de potássio, cálcio e magnésio também tem importância na ocorrência de lixiviação, ou seja, os cátions trocáveis Ca, Mg e K estão adsorvidos eletrostaticamente em cargas negativas das partículas coloidais do solo. Quando há desequilíbrio com os teores desses cátions na solução do solo um deles é removido e ocorre a reposição dos teores trocáveis por outro cátion disponível na solução (Devechio, 2023). Tal situação acontece quando há teores elevados de Ca e Mg na CTC, pois o K acaba por perder espaço e fica livre na solução do solo, o que aumenta a possibilidade de lixiviação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura da mandioca, embora tradicionalmente considerada pouco exigente em fertilidade, demanda manejo nutricional criterioso para atingir altos níveis de produtividade. O potássio destaca-se como o nutriente mais requerido e exportado pela cultura, sendo determinante para o desenvolvimento das raízes e qualidade do produto final. Em solos arenosos, como os do noroeste do Paraná, as perdas por lixiviação e a baixa capacidade de retenção tornam indispensável o uso de estratégias como o parcelamento da adubação e a escolha adequada de fontes fertilizantes. Além disso, o equilíbrio entre os cátions no solo e o monitoramento por análises químicas são fundamentais para evitar perdas e otimizar a eficiência do uso do nutriente. Dessa forma, a adoção de práticas de manejo mais eficientes contribui para maior produtividade, sustentabilidade do sistema produtivo e melhoria da rentabilidade do cultivo de mandioca.

REFERÊNCIAS

ALVES, A.A.C. Fisiologia da mandioca. In. SOUZA, L.S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P.; FUKUDA, W.M.G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. p.138-169.

ARAÚJO, Y.R.; SOUZA, C.A.; ARAÚJO NETO, J.R.; RIBEIRO FILHO, J.C.; LIMA, J.W.C. Perda de nutriente e custo da erosão em microbacias no semiárido brasileiro. **Revista Geonorte**, Manaus, v.7, n.26, p.206-219, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA – ABAM. **Valorizada, mandioca atinge melhor rentabilidade que a soja**. Paranavaí: ABAM, 2022. 2p. Disponível em: '<https://abam.com.br/valorizada-mandioca-atinge-melhor-rentabilidade-que-a-soja/>'. Acesso em: 04 mai. 2023.

BORGES, A.L.; SILVA, J.; SOUZA, L.S.; GOMES, J.C. Calagem e adubação para a mandioca. In: BORGES, A.L. (Ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília: Embrapa, 2021. p.205 -224, 2021.

CARDOSO, C.E.L.; SOUZA, J.S.; GAMEIRO, A.H. Aspectos econômicos e mercado. In: SOUSA, L.S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P.; FUKUDA, W.M.G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. p.41-70.

CEPEA/ESALQ. **Mudanças no mercado mundial de mandioca e derivados e oportunidades para o brasil**. Paracicaba: USP, 2021. 2p. Disponível em: '<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/opiniao.aspx>'. Acesso: em 04 mai. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Mandioca – Análise Mensal – Abril 2023**. Brasília: CONAB, 2023. 2p. Disponível em: '<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analise-s-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca/item/20648-mandioca-analise-mensal-abril-2023>' Acesso: em 04 mai. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Mandioca – Análise Mensal – Dezembro 2022**. Brasília: CONAB, 2022. 2p. Disponível em: '<<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analise-s-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca/item/19779-mandioca-analise-mensal-dezembro-2022>>'. Acesso: em 04 mai. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Mandioca – Análise Mensal – Fevereiro 2023**. Brasília: CONAB, 2023. 2p. Disponível em: '<<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analise-s-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca/item/20228-mandioca-analise-mensal-fevereiro-2023>>'. Acesso: em 04 mai. 2023.

CRAVO, M.S.; SOUZA, B.D.L. Produção mecanizada de mandioca e alternativas de consórcios. In: MODESTO JÚNIOR, M.D.; ALVES, R.N.B. (Ed.). **Cultura da Mandioca - Aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria**. Brasília: EMBRAPA, 2016. p.139-159.

CRAVO, M.S.; SMYTH, T.J.; SOUZA, B.D.L. Calagem e adubação para a cultura da mandioca. In: MODESTO JÚNIOR, M.D.; ALVES, R.N.B. **Cultura da Mandioca - Aspectos**

socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. Brasília: EMBRAPA, 2016. p.97-110.

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL DO PARANÁ – DERAL. **Prognóstico Agropecuário – Mandioca 2021/2022**, Curitiba, v.13, n.34, p.1-12, 2021.

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL DO PARANÁ – DERAL. **Boletim Semanal – 19/2023**. Curitiba: DERAL, 2023. 9p. Disponível em: ‘https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2023-05/boletim_semanal_19_deral_18_mai_2023.pdf’. Acesso em: 01 mai. 2023.

DEVECHIO, F.F.S. **Apostila de fertilidade do solo**. Piracicaba: USP, 2023. 95p. Disponível em: ‘https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7979441/mod_resource/content/1/Apostila%20de%20Fertilidade%20e%20Adubação%20do%20Solo_2023.pdf’. Acesso em: 16 out. 2023.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. **Base de Dados dos Produtos. Mandioca no Mundo**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2023. 6p. Disponível em: <https://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_xls/mundo/mandioca/mandioca_mundo.htm>. Acesso em: 07 out. 2023.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

FIALHO, J.F.; VIEIRA, E.A. **Mandioca no cerrado – orientações técnicas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011. 208p.

GOMES, M.P.; REZENDE, C.H.S.; SOUZA, J.A.; ROCHA, G.C. Lixiviação de potássio em um latossolo cultivado com café. **Irriga**, Botucatu, v.27, n.3, p.597-606, 2022.

GONÇALVES, T.M. Utilizando a raiz tuberosa de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) em aulas práticas de Biologia no Ensino Médio. **Open Science Research V**, Guarujá, v.5, p.225-237, 2022.

GONÇALVES, Y.S. **Fontes e doses de potássio na produtividade e qualidade da mandioca de mesa**. 2018. 46p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campo dos Goytacazes, 2018.

LEÃO, E.V. **CULTURA DE MANDIOCA: uma revisão de literatura**. 2022. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Tomé-Açu, 2022.

LORENZI, J.O. **Mandioca**. 2 Ed. Campinas: CATI, 2012. 129p.

LUCENA, C.C.; SILVEIRA, H.F.; RINGENBERG, R. Diagnóstico da situação atual do manejo de insetos e ácaros praga da cultura da mandioca na região centro-sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 16; CONGRESSO LATINO-AMERICANO

E CARIBENHO DE MANDIOCA, 1, 2015, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Mandioca, 2015.

MENDES, W.C.; ALVES JÚNIOR, J.; CUNHA, P.C.R.; SILVA, A.R.; EVANGELISTA, A.W.P.; CASAROLI, D. Potassium leaching in different soils as a function of irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n.11, p.972-977, 2016.

MODESTO JÚNIOR, M.D.; ALVES, R.N.B. **Cultura da Mandioca - Aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 257p.

NUNES, E.C.; MARCHESI, D.R.; BACK, A.J. **Manejo da fertilidade da mandioca: bases técnicas e manual do programa AdubaMANÍ-SC**. Florianópolis: Epagri, 2020. 40p.

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da Mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 116p.

PAVINATO, P.S.; PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V.; MOREIRA, A. **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: Editora SBCS/NEPAR, 2017. 482p.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011, 420p.

REIS, J.C.S. **Cultivo de batata cv. Ágata sob diferentes fontes e concentrações de adubação potássica**. 2008. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2008.

RÓS, A.B. Produtividade de raízes de mandioca em função de doses de potássio. **Pesquisa & Tecnologia Apta Regional**, Campinas, v.9, n.1, p.25-32, 2012.

RÓS, A.B. Produtividade de raízes de mandioca em função de doses de potássio. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Chapecó, v.9, n.1, p.25-32, 2013.

SANTOS, F.C.; RESENDE, A.V.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; BORIN, A.L.D.C.; PASSOS, A.M.A. Dinâmica da fertilidade em solos frágeis. In: CASTRO, S.S.; HERNANI, L.C. **Sólos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade**. Brasília: Embrapa, 2015, p.161-184.

SANTOS, T.P.R. **Produção de amido modificado de mandioca com propriedade de expansão**. 2012. 95p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2012.

SANTOS, V.S. **Mandioca: a raiz das nossas raízes**. Brasília: EMPBRAPA, 2010. 2p. Disponível em: '<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/874157/1/htp:pagrosoft.compdfVANDERLEI.pdf>'. Acesso em: 09 jun. 2023.

SILVA, A.R. Manejo e conservação do solo. In: MODESTO JÚNIOR, M.D.; ALVES, R.N.B. **Cultura da Mandioca - Aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria**. Brasília: Embrapa, 2016, p.49-66.

SILVA, A.S.; RICKEN NETO, J.; DUARTE, V.M.; GARBUIO, F.J. Atributos químicos do solo e produtividade de mandioca em função da calagem, adubação orgânica e potássica. In: **SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SUL CATARINENSE – SICT-SUL**, 2, 2013, Araranguá. Anais. Araranguá: IFSC, p.86-92p.

SILVA, D.C.O. **Doses de potássio no crescimento de plantas de mandioca e qualidade de manivas sementes**. 2014. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2014.

SILVA, D.C.O.; ALVES, J.M.A.; UCHÔA, S.C.P.; SOUSA, A.A.; BARRETO, G.F.; SILVA, C.N. Curvas de crescimento de plantas de mandioca submetidas a doses de potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.60, n.2, p.158-165, 2017.

SOUSA, A.A. **Produtividade e qualidade de raízes de mandioca, CV. Aciolina, sob diferentes doses de potássio e épocas de avaliação na savana de Roraima**. 2014. 74p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2014.

SOUZA, L.S.; FIALHO, J.F. **Cultivo da Mandioca para a Região do Cerrado**. Planaltina: EMPRAPA Cerrados, 2003. 95p.

SOUZA, L.S.; SILVA, J.; SOUZA, L.D. **Recomendação de Calagem e Adubação para o Cultivo de Mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009, 6p. (Comunicado Técnico 133). Disponível em: 'https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/sementes.htm'. Acesso em: 23 jul. 2023.

SOUZA, L.S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P.; FUKUDA, W.M.G. **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2006. 817p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

THOMAS, P.C. **Desenvolvimento e produtividade da cultura da mandioca adubada com cama de aviário**. 2015, 93p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2015.

THOMAS, P.C.; ALMEIDA JÚNIOR, J.J.; SMILJANIC, K.B.A.; MATOS, F.S.A.; KUS, G.M.; SILVA, H.D. Exigências nutricionais da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). In: SEMANA UNIVERSITÁRIA; ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA; FEIRA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO; MOSTRA DE PROFISSÕES, 11; 10; 3, 2016, Mineiros. **Anais**. Mineiros: Universidade de Rio Verde, 2016. 4p.

UCHÔA, S.C.P.; SOUZA, A.A.; ALVES, J.M.A.; SILVA, D.O.; MONTENEGRO, R.A.; CARVALHO, L.B. Adubação potássica na produtividade e qualidade de raiz de mandioca. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO; CONGRESO PERUANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 20; 16, 2014, Cusco. **Anais**. Cusco: Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo, 2014. 6p.

WERLE, R.; GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.2297-2305, 2008.