**MARCOS FABIAN SANABRIA FRANCO**

# PRODUÇÃO E QUALIDADE DA BETERRABA DE MESA (*Beta vulgaris*) EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE POTÁSSIO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Leonardo Angelo de Aquino.

Coorientadores: Fabrícia Queiroz Mendes
Willian Rodrigues Macedo

**RIO PARANAÍBA – MINAS GERAIS**

**2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba**

T
F825p
2020

Franco, Marcos Fabian Sanabria, 1994-
Produção e qualidade da beterraba de mesa (*Beta vulgaris*) em função de fontes e doses de potássio / Marcos Fabian Sanabria Franco. – Rio Paranaíba, MG, 2020.
39 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Leonardo Angelo de Aquino.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Beterraba. 2. Fontes e doses de potássio. 3. Qualidade. 4. Pós-colheita. I. Universidade Federal de Viçosa. Instituto de Ciências Agrarias. Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal). II. Título.

633.63

**MARCOS FABIAN SANABRIA FRANCO**

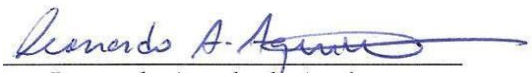
# PRODUÇÃO E QUALIDADE DA BETERRABA DE MESA (*Beta vulgaris*) EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE POTÁSSIO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de dezembro 2020

Assentimento:

Marcos Fabian Sanabria Franco
Autor



Leonardo Angelo de Aquino
Orientador

***Dedico primeiro a Deus, meus pais Pedro e Porfiria, a meus irmãos Rodi, Nery, Pedro e Thalia e a todos meus amigos que me apoiaram.***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e liberdade de viver e conviver com sabedoria;

À Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba por aceitar-me no programa e pela contribuição em minha formação profissional;

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo apoio financeiro à pesquisa.

À Bejo Sementes pela concessão das sementes empregadas na pesquisa;

À Sekita Agronegócios pela concessão de espaço em câmara fria para avaliações de armazenamento.

À Sekita Agronegócios, CASG – Comercial Agrícola São Gotardo, Grupo Leopólis e IPACER – Instituto de Pesquisa Agrícola do Cerrado pelo financiamento das análises microbiológicas do solo.

Ao Professor Dr. Leonardo Angelo de Aquino pela orientação, ajuda, amizade ensinamentos conferidos a mim durante este período em minha vida;

Ao Professor Dr. Willian Rodrigues Macedo, pelas orientações e ajuda durante o mestrado;

À professora Dra. Fabrícia Queiroz Mendes pelos ensinamentos durante o mestrado e pela participação na banca de defesa;

Aos Doutores, Mestres, docentes, funcionários e amigos da UFV Campus Rio Paranaíba, pelo carinho durante o Curso.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram ou colaboraram para a realização desta pesquisa.

Agradeço ao programa de Becas OEA-GCUB pelo apoio e Financiamento do programa.

## BIOGRAFIA

Marcos Fabian Sanabria Franco, filho de Pedro Sanabria e Porfiria Franco, nasceu na cidade de Caaguazú - Paraguai, no dia 31 de maio de 1994.

Em fevereiro de 2012 iniciou o curso de Agronomia na Faculdade de Ciências Agraria da Universidade Nacional de Assunção, graduando-se em dezembro de 2016. Em março de 2017, fez uma especialização em Didática Universitária na Faculdade de Filosofia da Universidade Nacional de Assunção.

Em março de 2019, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal, na Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba graças ao programa de Becas OEA-GCUB para estrangeiros.

*“La sabiduría no es producto de la escolarización, sino de un intento a lo largo de la vida de adquirirlo”. (Albert Einstein)*

## RESUMO

SANABRIA FRANCO, Marcos Fabian, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2020. **Produção e qualidade da beterraba de mesa (*Beta vulgaris*) em função de fontes e doses de potássio**. Orientador: Leonardo Angelo de Aquino. Coorientadores: Willian Rodrigues Macedo e Fabrícia Queiroz Mendes.

As principais fontes solúveis de potássio (K) diferem quanto ao ânion acompanhante, o qual pode ter influência na produtividade e qualidade das raízes de beterraba. Diante disso, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a produção e a qualidade da beterraba de mesa (*Beta vulgaris*) em função da fonte de potássio. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba - MG. Dois experimentos, conduzidos nas épocas de verão e de inverno e com a mesma matriz experimental, consistiram da combinação de fontes e de doses de K. As fontes estudadas foram o cloreto de potássio (60% de $K_2O$), o sulfato de potássio (50% de $K_2O$) e o nitrato de potássio (45% de $K_2O$ e 12% de N). As doses de K foram de 60, 120 e de 240 mg/dm³ de K. O tratamento adicional foi a testemunha sem aplicação de K. Os fatores em estudo foram combinados em esquema fatorial (3 x 3) + 1 e distribuídos em blocos ao acaso com seis repetições. Nas plantas cultivadas no verão, independente da fonte utilizada, houve incremento linear da condutância estomática em função das doses de K. Nessa época de cultivo, a maior dose de K via $K_2SO_4$ aumentou a taxa fotossintética, enquanto que no cultivo de inverno essa taxa e a condutância estomática não foram alteradas pelas fontes e doses de K. Apesar do incremento da taxa fotossintética das plantas cultivadas no verão, o aumento da produção de raízes e do crescimento da planta (folhas + raízes) em beterrabas variedade Boro é dado em função da adubação potássica, sem efeito da fonte de K. A adubação com $KNO_3$ resultou em maior acúmulo de K, seguido por KCl e $K_2SO_4$. Ainda assim, o $KNO_3$ resultou na maior disponibilidade de K no solo na camada de 0-20 cm, seguido das fontes $K_2SO_4$ e KCl. Independente das fontes, a atividade bioquímica no solo (glicosidase, fosfatase, arilsulfatase e urease), a atividade microbiana (respirometria) e a biomassa microbiana não foram alteradas pela fonte de K utilizada. A qualidade foi positivamente alterada pela adubação com K, independente das fontes aplicadas. A adubação com K resultou em maior acidez, melhor textura, maior intensidade da cor L* *A* e *B* e aumento linear de sacarose. Após armazenamento essas variáveis foram

reduzidas quando as raízes foram obtidas de plantas sem adubação com K e mantidas quando houve adubação, independente do fertilizante potássico utilizado. A qualidade das raízes (Brix, textura e sacarose) das plantas cultivadas no experimento de inverno foi maior do que as de cultivo de verão, sem influência expressiva da fonte de K. Após serem armazenadas, as raízes das plantas cultivadas no inverno apresentaram aumento da concentração de sacarose, intensidade da cor (L*), acidez ºbrix em função de doses de K. Assim, conclui-se que as fontes de K não apresentam efeito importante nas variáveis de produtividade e de qualidade na colheita e após o armazenamento. Essas variáveis são incrementadas pela adubação potássica de forma independente da fonte aplicada.

**Palavras-chave:** Beterraba. Fontes e doses de potássio. Qualidade. Pós-colheita.

## ABSTRACT

SANABRIA FRANCO, Marcos Fabian, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2020. **Yield and quality of table beet (*Beta vulgaris*) in function of potassium rates and sources**. Advisor: Leonardo Angelo de Aquino. Co-advisers: Willian Rodrigues Macedo and Fabrícia Queiroz Mendes.

The main soluble sources of potassium (K) differ in terms of the accompanying anion, that is, the chemical element that makes up the nutrient, which can influence the productivity and quality of beetroots. That said, this study evaluated the production and quality of table beet (*Beta vulgaris*) based on the source of potassium. The experiment was performed at the Federal University of Viçosa in Rio Paranaíba, state of Minas Gerais. Two experiments performed during the summer and winter with the same experimental matrix consisted of a combination of sources and doses of K. The sources used were potassium chloride (60% $K_2O$), potassium sulfate (50% $K_2O$) and potassium nitrate (45% $K_2O$ and 12% N). The doses used were 60, 120 and 240 mg / $dm^3$. Additional treatment with no application of K was used as control. The factors under investigation were arranged in a factorial scheme (3 x 3) + 1 and distributed in random blocks with six repetitions. In plants grown in the summer, regardless of the source used, a linear increase in stomatal conductance due to K doses was observed. At this time of cultivation, the highest dose of K through $K_2SO_4$ increased the photosynthetic rate, whereas in winter cultivation this rate and stomatal conductance were not altered due to sources and doses of K. In spite of the increase in the photosynthetic rate of plants grown in the summer, the increase in root production and plant growth (leaves + roots) in Boro beets is due to potassium fertilization, with no effect from the source of K. $KNO_3$ resulted in the highest accumulation of K, followed by KCl and $K_2SO_4$. Even so, $KNO_3$ resulted in the highest availability of K in the soil in the 0-20 cm layer, followed by sources of $K_2SO_4$ and KCl. Regardless of the sources, biochemical activity in the soil (glycosidase, phosphatase, arylsulfatase and urease), microbial activity (respirometry) and microbial biomass were not altered due to the source of K used. The quality was positively altered due to fertilization with K, regardless of the sources applied. Fertilization with K resulted in higher acidity, better texture, higher intensity of color L * A and B and linear increase in sucrose. After storage, these variables reduced when the roots were obtained from plants without fertilization with K and

maintained when there was fertilization, regardless of the potassium fertilizer used. The quality of the roots (Brix, texture and sucrose) of plants grown in the winter experiment was higher than that of summer cultivation, with no significant influence from the source of K. After storage, the roots of plants grown in winter showed an increase in sucrose concentration, color intensity (L *), ºbrix acidity as a function of K doses. It is concluded that the sources of K do not have an important effect on the variables of productivity and quality at harvest and after storage. These variables are increased due to potassium fertilization regardless of the source applied.

**Keywords:** Beet. Potassium sources and doses. Quality. Post-harvest.

**SUMÁRIO**

INTRODUÇAO ..... 12

MATERIAL E MÉTODOS ..... 14

RESULTADOS ..... 17

DISCUSSÃO ..... 27

CONCLUSÕES ..... 32

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 33

## INTRODUÇAO

Na maioria das espécies o potássio é o nutriente mais acumulado e participa diretamente em processos da fotossíntese e transporte de assimilados (Wang et al., 2015). Na cultura da beterraba a extração pode ultrapassar 90 kg/ha de K para produtividades de 30 t/ha (Grangeiro et al., 2006). Atua na ativação enzimática, síntese de proteínas, turgescência celular e homeostase iônica nas células vegetais, condutância estomática e como importante atenuador do estresse hídrico (Grzebisz et al., 2013; Zhang et al., 2018; Aksu & Altay, 2020). A formação e a translocação de açúcares, contribuindo para o crescimento das raízes, aumento de tamanho e qualidade, além da maior resistência a pragas e doenças estão associadas com a nutrição potássica equilibrada (Zhang et al., 2018; Fernandes et al. 2018; Ali et al., 2018).

A eficiência e benefícios da adubação potássica dependem de fatores como fontes, doses e modo de aplicação dos adubos potássicos. A demanda da cultura e a forma de aplicação de K podem ocasionar salinidade, reduzindo a microbiota benéfica do solo comprometendo a disponibilidade de K (Geisseler et al., 2017; Totola & Chaer, 2002; Rosolem et al., 2020).

As fontes solúveis de K apresentam concentração, índice salino e a presença de distintos ânions que o acompanham. As mais comuns são o KCl, o $K_2SO_4$ e o $KNO_3$. O mais utilizado é o KCl, o qual apresenta um micronutriente como íon acompanhante do K (Novais et al., 2007).

Aplicações excessivas de KCl podem interferir no crescimento de muitas espécies de plantas pela redução da absorção de Ca ou Mg ou mesmo pelo excesso de Cl (Silva et al., 2001). Doses elevadas de KCl podem aumentar a condutividade elétrica do solo e dificultar a absorção de água pelas plantas (Melo et al., 2020; Hoshiba et al., 2017).

O sulfato de potássio (50% de $K_2O$ e 17 a 18% S) tem seu uso mais difundido em culturas sensíveis ao Cl como batata e frutas (banana, frutas cítricas, uvas e pêssego (Zörb et al., 2013). Diferente do cloreto, o sulfato de potássio tem um macronutriente (S) com íon acompanhante. O sulfato de potássio é menos solúvel que o cloreto de potássio (Novais et al., 2007), o que pode ser vantajoso para

reduzir a necessidade de parcelamentos de altas doses de adubação sem causar efeito salinos indesejáveis.

A outra fonte amplamente utilizada na adubação com potássio é o nitrato de potássio - $KNO_3$ (13% N e 44% $K_2O$), obtido pela combinação de KCl com ácido nítrico ou nitrato de sódio. É o fertilizante mais caro que o KCl e $K_2SO_4$ como fonte de K (Novais et al., 2007). Entretanto possui como íon acompanhante o nitrato o que é interessante para a beterraba, pois, o N é o segundo nutriente mais absorvido pela planta (Factor et al., 2012).

Os atributos de qualidade como açúcares e minerais que interferem no valor nutricional, formas, cores e sabores tornam as hortaliças mais ou menos atraentes para o consumidor. Além disso, deseja-se que os alimentos estejam livres de contaminantes bióticos ou abióticos e que o uso de insumos seja minimizado no sistema de produção (Zhang, et al., 2018; FAO, 2003).

As características de qualidade acumuladas durante a fase de produção devem ser mantidas da colheita até o consumo das hortaliças. Assim, o armazenamento das raízes de beterraba é importante, pois, permite que o cultivo seja realizado na época do ano com temperaturas amenas e baixa precipitação pluvial. Com as condições ideais para o cultivo a produtividade e a qualidade são maiores. A fonte de K pode influenciar a produtividade e qualidade dos produtos hortícolas. Diante disso, objetivou-se determinar a produção e qualidade da beterraba de mesa (*Beta vulgaris*) em função da fonte de fertilizante potássio.

## MATERIAL E MÉTODOS

Em duas épocas de cultivo (verão e inverno) foram conduzidos experimentos com cultivo da beterraba nas coordenadas (Latitude - 19°12’49,8” S, Longitude - 46º 13' 55,32" O). O solo utilizado no experimento foi um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa, cujos atributos químicos são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Análise química de amostras dos solos utilizados nos experimentos

| pH | P-rem | P | K | S | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Al^{3+}$ | H+Al | M.O | V | m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_2O$ | (mg $L^{-1}$) | ---- (mg $dm^{-3}$) ---- | | | -------- ($cmol_c$ $dm^{-3}$) -------- | | | | ---- (%)---- | | |
| 5,7 | 14,5 | 4,0 | 27,0 | 10,5 | 2,15 | 0,70 | 0,0 | 4,5 | 1,95 | 39 | 2,9 |

pH $H_2O$: Relação 1:2,5; P e $K^+$: extrator Mehlich-1; S: extrator fosfato monocálcico em ácido acético; $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Al^{3+}$: extrator KCl 1 mol $L^{-1}$**;** H+Al: extrator acetato de cálcio 0,5 mol $L^{-1}$, pH 7,0; M.O; matéria orgânica.

Os tratamentos consistiram da combinação de dois fatores, fontes e doses de K. As fontes estudadas foram o cloreto de potássio (60% de $K_2O$), o sulfato de potássio (50% de $K_2O$) e o nitrato de potássio (45% de $K_2O$ e 12% de N). O tratamento adicional foi à testemunha sem aplicação de K. Os fatores em estudo foram combinados em esquema fatorial (3 x 3) + 1 e distribuídos em blocos ao acaso com seis repetições.

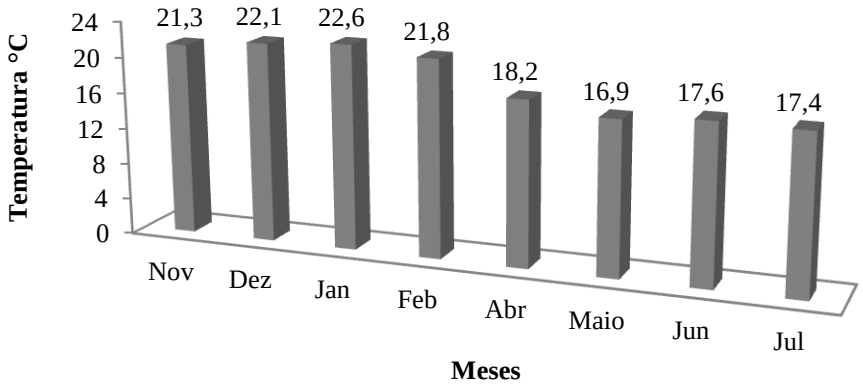



**Figura 1**. Temperatura média durante duas épocas de cultivo (verão e inverno). UFV, Rio Paranaíba – MG (2020).

Cada parcela consistiu de um vaso de 150 $dm^3$ preenchido com solo tamisado e homogeneizado. Em cada vaso 60 sementes (glomérulos) de beterraba da variedade Boro foram semeadas. Quando as plantas apresentaram quatro folhas foi realizado o desbaste para que remanescessem 20 plantas por vaso, o que equivalente a 40 plantas por $m^2$, comum em cultivos comerciais.

O solo foi corrigido com calcário para que a saturação por bases atingisse 70%. Para suprir Ca e S foi utilizado gesso agrícola na dose de 500 mg/$dm^3$ (equivalente a 1 t/ha). O fósforo (480 mg/$dm^3$ de P) foi incorporado no solo da camada de 0 – 20 cm do vaso e a dose foi definida de acordo com o P-remanescente do mesmo (Alvarez V. et al., 2000). A aplicação do N foi parcelada: 50 mg/$dm^3$ na semeadura e uma cobertura de 30 mg/$dm^3$. As correções com B, Cu e Zn foram realizadas com fontes solúveis para atingir disponibilidades correspondentes às classes de alta fertilidade apresentadas por Ribeiro et al. (1999). O K, de acordo com dose e fonte de cada tratamento, foi aplicado incorporado ao solo (0-20 cm) antes da semeadura. A dose de N de cada tratamento foi nivelada com o uso de nitrato de amônio (33% de N).

A irrigação e o manejo fitossanitário foram realizados periodicamente para eliminar interferências bióticas e estresse hídrico sobre as plantas.

Foram avaliados 40 dias após o plantio (DAS) a taxa de assimilação líquida de carbono ($A$) e a condutância estomática ($g_s$), no horário entre 8 h e 10 h, utilizando um analisador de gases infravermelho (Li 6400XT, Li-Cor, Lincoln, NE, USA). A concentração de $CO_2$ utilizada foi considerada do ambiente,com radiação fotossinteticamente ativa igual a 1500 µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$ modulada por um fluorêmetro, e a umidade relativa entre 50-60 %.

Para calcular a matéria seca foram coletadas e separadas as folhas e as raízes na fase de colheita. A desidratação foi feita na estufa com circulação forçada de ar a 70 ºC, por 72 horas.

Posteriormente as folhas e raízes secas foram pesadas e trituradas em moinho tipo Willey equipado com peneira de 1,27 mm. As amostras foram submetidas à digestão com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio e feita à quantificação do teor de K no tecido das plantas (EMBRAPA, 2009). Calculou-se o conteúdo de K em cada parte da planta pelo produto entre a matéria seca (raízes e de folhas) e o respectivo teor de K. A extração de K foi à soma dos conteúdos de K nas raízes e folhas.

A produtividade das raízes foi obtida após colheita de todas as plantas do vaso e pesada às raízes (parte entumecida), sem raízes absorventes ou folhas.

Para a obtenção da disponibilidade de K no solo foram retiradas amostras nos vasos das camadas (0-20 cm) com trado tipo sonda. A extração de K foi feita com solução Mehlich-1 e posterior determinação por espectrofotometria de chama (EMBRAPA 2009). No cultivo de inverno foram tomadas amostras de solo nas parcelas testemunhas ou tratadas com a dose de 240 mg/dm³ de K da camada de 0-25 cm para determinação da atividade das enzimas associadas ao ciclo do carbono (glicosidase, fosfatase, arilsulfatase e urease).

Esses métodos baseiam-se na determinação colorimétrica do *p*-nitrofenol (coloração amarela) formado após a adição de substratos incolores específicos para cada enzima avaliada. Determinou-se, além disso, atividade microbiana (respirometria) e biomassa microbiana com base nas quantidades de carbono (Tabatabai 1994; Tedesco et al., 1995).

Os parâmetros qualitativos das raízes da beterraba foram determinados no Laboratório de Solos e Alimentos da UFV-CRP. Uma parte das amostras foram acondicionadas em sacos devidamente identificados sem serem lavadas e em seguida armazenadas em câmara fria a uma temperatura de 5 ± 1 °C e UR de 90 ± 5 % durante 150 dias para posterior analises pós-colheita.

A medida da firmeza foi feita na região equatorial das raízes das beterrabas, foi utilizado o texturômetro digital TDBC-200 com ponteira de 8 mm de diâmetro. Os resultados da firmeza foram expressos em Newton.

A coloração foi determinada através da medição em dois pontos internos da parte equatorial de cada raiz, utilizando-se um colorímetro digital *Deltavista* (faixa espectral 400 nm a 700 nm) e os valores expressos em L*, A* e B*. Onde L*, indica valores de luminosidade (0% = negro e 100% = branco), A* é mensurável em termos de intensidade das cores vermelho e verde, e a coordenada B* está relacionada com a intensidade de amarelo e do azul (AOAC, 1997).

Para determinação do pH e da acidez titulável, foram pesadas 5 g do extrato aquoso da beterraba, diluída em 50 mL de água destilada e com auxílio de um potenciômetro digital foi obtida o pH. Para acidez foi feita a titulação potenciométrica com solução de NaOH al 0,01 mol/L e uso do indicador de pH até 8,1. Os resultados foram expressos em concentração porcentual de ácido cítrico.

A obtenção de teor de sólidos solúveis totais foi feita com um refratômetro digital portátil RTD-95. Para tal, gotas do suco extraído das raízes foram aplicadas sobre a lente do aparelho e os resultados foram expressos em °Brix.

Os açucares (glucose, frutose, sacarose) foram quantificados em amostra líquida. Para isso uma curva de resposta do sinal analítico contra concentração dos padrões de sacarose, glicose e frutose foi ajustada para verificar a linearidade do detector no intervalo de concentração. As massas de padrão de sacarose, glicose e frutose foram pesadas e diluídas em água - relação massa/massa (m/m) – e, após filtração, foram analisadas por HPLC-R (Santos et al. 2006).

Os dados obtidos foram submetidos à verificação da normalidade e homogeneidade das variâncias. Posteriormente os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e realizou-se análise de regressão para as doses de K. As médias das fontes foram comparadas pelo teste SNK. Como tratamento padrão para as variáveis de microbiologia do solo foi utilizado o KCl comparando-se pelo teste Dunnett. Foi utilizado nas análises estatísticas o Software em planilha eletrônica SPEED Stat (Carvalho & Mendes, 2020) e adotada a significância de 5%.

## RESULTADOS

A taxa assimilatória líquida de $CO_2$ foi alterada pelos tratamentos apenas no cultivo de verão (Figura 2). Somente quando aplicada a maior dose de K foi observado o efeito da fonte utilizada, com maior taxa assimilatória líquida nas plantas adubadas com sulfato de potássio.

No cultivo de verão, a condutância estomática foi linearmente incrementada pelas doses de K, sem influência da fonte do nutriente (Figura 2). No cultivo de inverno, nem fontes ou doses de K alteraram a condutância estomática.

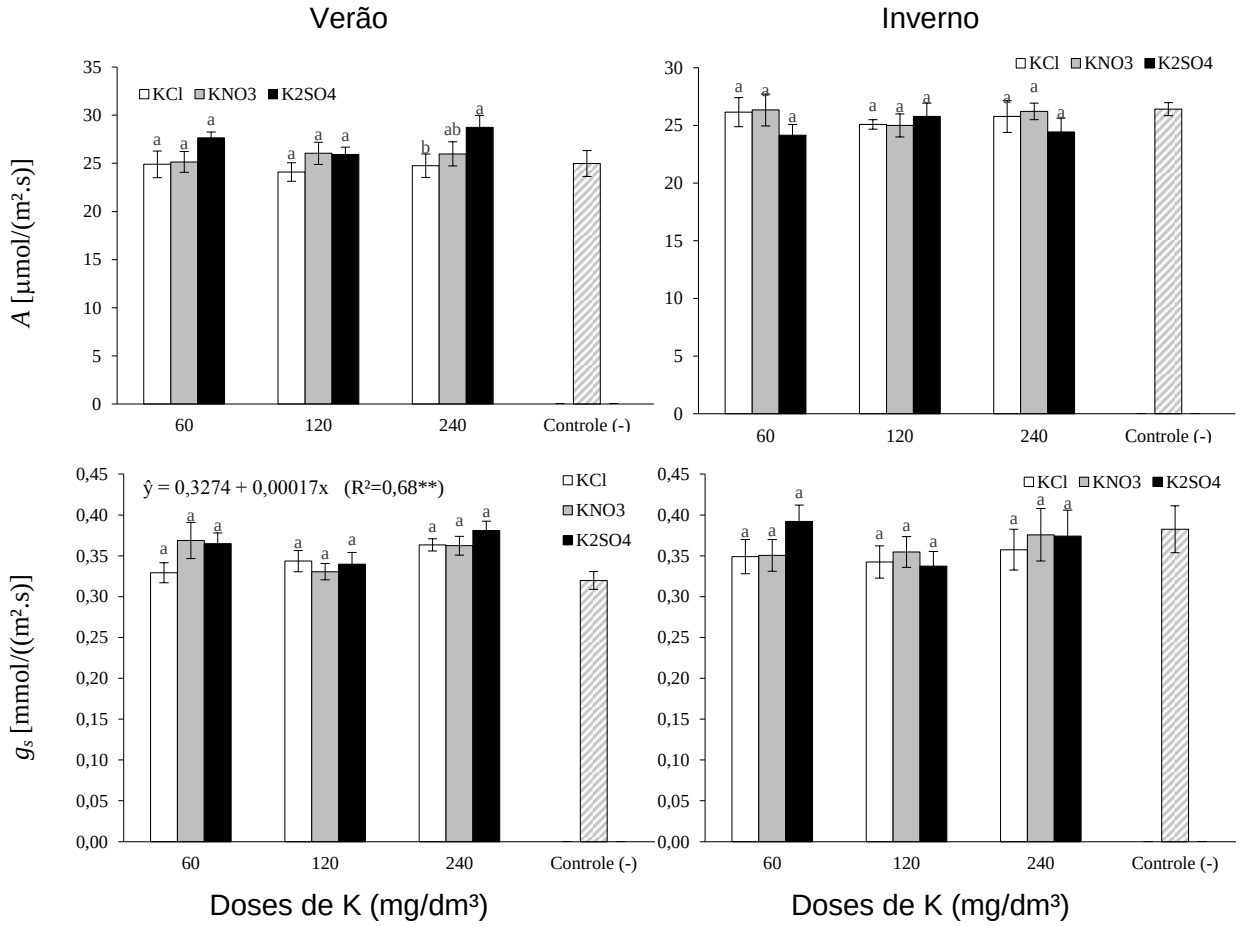



**Figura 2**. Taxa assimilatória líquida de $CO_2$ (*A*) e condutância estomática em folhas de beterrabas em função a fontes e doses de potássio em duas épocas de cultivo (verão e inverno). UFV, Rio Paranaíba – MG (2020).

Houve acréscimo da produção de raízes e do crescimento da planta (folhas + raízes) em função da adubação potássica. No cultivo de verão esse acréscimo foi maior quando as fontes foram o KCl e $KNO_3$. O alcance de pelo menos 95% da máxima produção foi associado a 175,9 e 167,5 mg/dm³ de K com as fontes KCl e $KNO_3$, respectivamente. A produção total e a resposta ao K foram menores quando a fonte foi o $K_2SO_4$ no cultivo de verão. No cultivo de inverno as produções de beterraba e crescimento da planta (raízes + folhas) foram incrementadas pela adubação potássica de forma similar entre as fontes testadas (Figura 3).

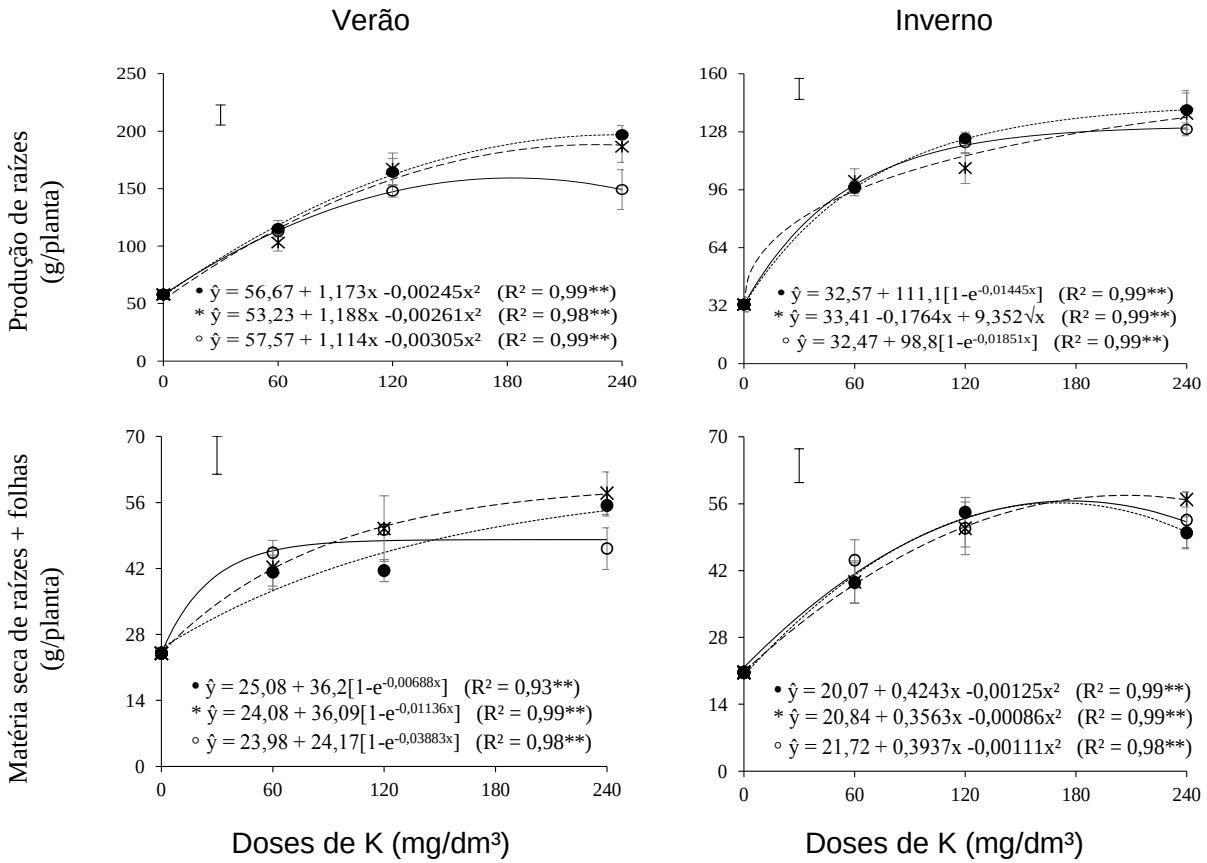



**Figura 3.** Produção de raízes e matéria seca de planta (raízes + folhas) em função a fontes e doses de potássio em duas épocas de cultivo (verão e inverno). UFV, Rio Paranaíba – MG (2020).

O acúmulo de K na planta de beterraba cultivada no verão alcançou 2498, 3094 e 2192 mg/planta de K quando as fontes de K aplicadas no solo foram o KCl, o $KNO_3$ e o $K_2SO_4$, respectivamente (Figura 3). As plantas cultivadas no período de inverno apresentaram incremento linear no acúmulo de K em função da dose desse nutriente aplicada no solo. Esses acúmulos alcançaram 3331, 3487 e 2917 mg/planta de K quando as fontes de K foram o KCl, o $KNO_3$ e o $K_2SO_4$, respectivamente.

Houve aumento da disponibilidade de K no solo até a maior dose aplicada do nutriente. As fontes $KNO_3$ e $K_2SO_4$ apresentaram maiores disponibilidades na camada de 0-20 cm, especialmente quando aplicada a maior dose de K (Figura 4).

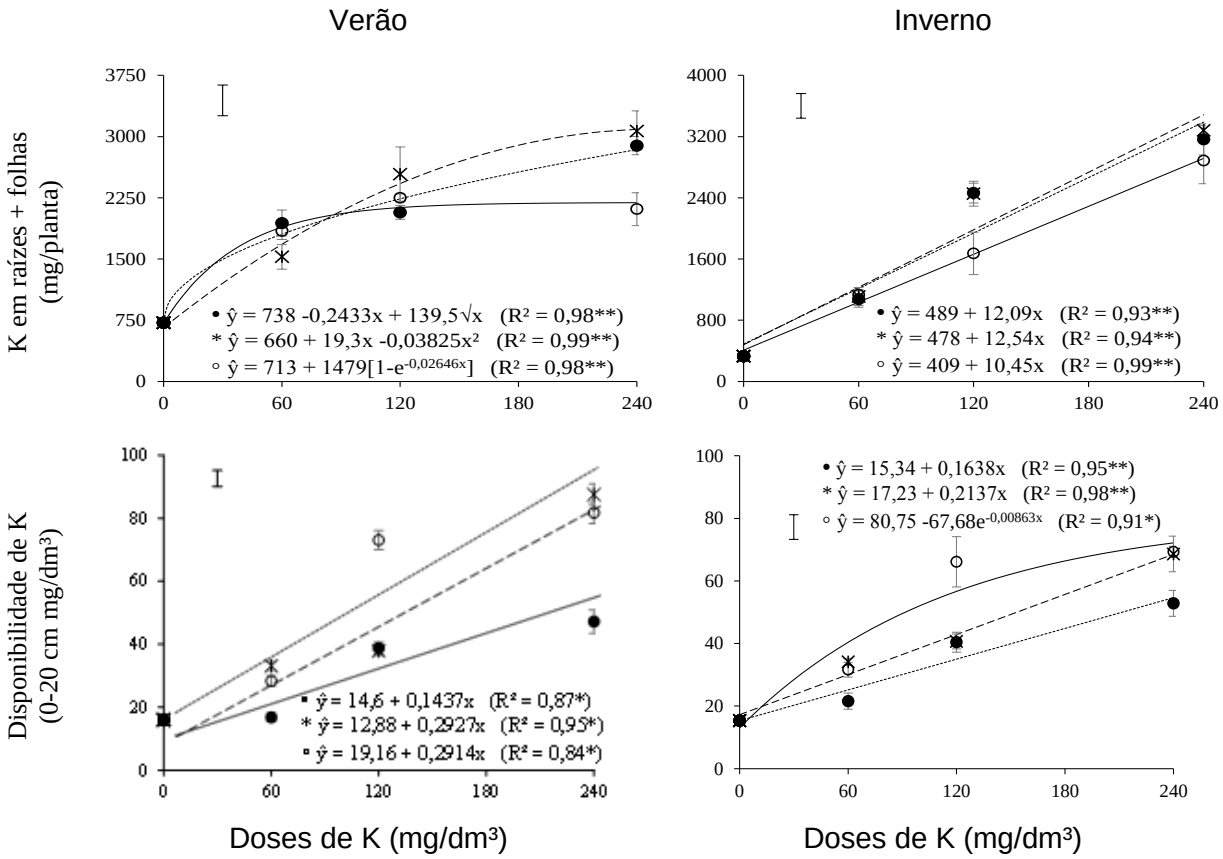



**Figura 4.** Acúmulo de potássio em plantas de beterrabas e disponibilidade do nutriente no solo na camada de 0-20 cm em função a fontes e doses de potássio em duas épocas de cultivo (verão e inverno). UFV, Rio Paranaíba – MG (2020).

Independente das fontes de K, a atividade bioquímica no solo associada às enzimas do ciclo do carbono (glicosidase, fosfatase, arilsulfatase e urease) não foram influenciadas pela adubação ou fonte de K (Figura 5).

A atividade microbiana (respiração diária e acumulada) e a biomassa microbiana (carbono na biomassa) não sofreram influência das fontes de K. Entretanto, o carbono da biomassa microbiana foi menor no solo não fertilizado com K.

**Tabela 2**. Valores de atividade microbiana (acumulada, diária, CBM (ug C $g^{-1}$ solo) e NBM (ug C $g^{-1}$ solo)), e atividades bioquímicas do solo (Arisulfatase, β-glicosidase, Fosfatase (ug p-NP $h^{-1}$ $g^{-1}$) e Urease (ug $NH_4$ $h^{-1}g^{-1}$ solo)).

| | Enzimas | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Glicosidase | Fosfatase | Arilsulfatase | Urease |
| Tratamentos | ---------- ug p-NP $h^{-1}$ $g^{-1}$ solo ---------- | | | ug $NH_4$ $h^{-1}g^{-1}$ solo |
| Sem K | 60,23ns | 133,5ns | 10,33ns | 86,47ns |
| KCl | 60,60 | 124,47 | 11,77 | 119,47 |
| K2SO4 | 57,47 | 124,07 | 10,50 | 78,07 |
| KNO3 | 64,13 | 133,9 | 10,33 | 75,80 |

| | Atividade Acumulada ug C-$CO_2$ $g^{-1}$ solo | Atividade diária ug C-$CO_2$ $g^{-1}$ solo $dia^{-1}$ | CBM ug C $g^{-1}$ solo | NBM ug N $g^{-1}$ solo |
|---|---|---|---|---|
| Sem K | 213,67ns | 10,17ns | 43,3* | 11,03ns |
| KCl | 269,67 | 12,83 | 79,37 | 8,8 |
| K2SO4 | 188,67 | 9 | 75,43 | 13,8 |
| KNO3 | 234,67 | 11,2 | 62,07 | 5,57 |

CBM e NBM – Carbono e nitrogênio na biomassa microbiana, respectivamente.

No cultivo de verão a resistência das raízes de beterrabas, antes do armazenamento, foi incrementada pela adubação potássica até a dose de 218 mg/dm³, sem efeito da fonte de K (Figura 5). Após o armazenamento essa variável não foi alterada pelos fatores em estudo. A resistência das raízes cultivadas no inverno não foi alterada pelos fatores em estudo antes do armazenamento. Após o armazenamento, independente das fontes utilizadas, a resistência das raízes foi mantida pela adubação potássica.

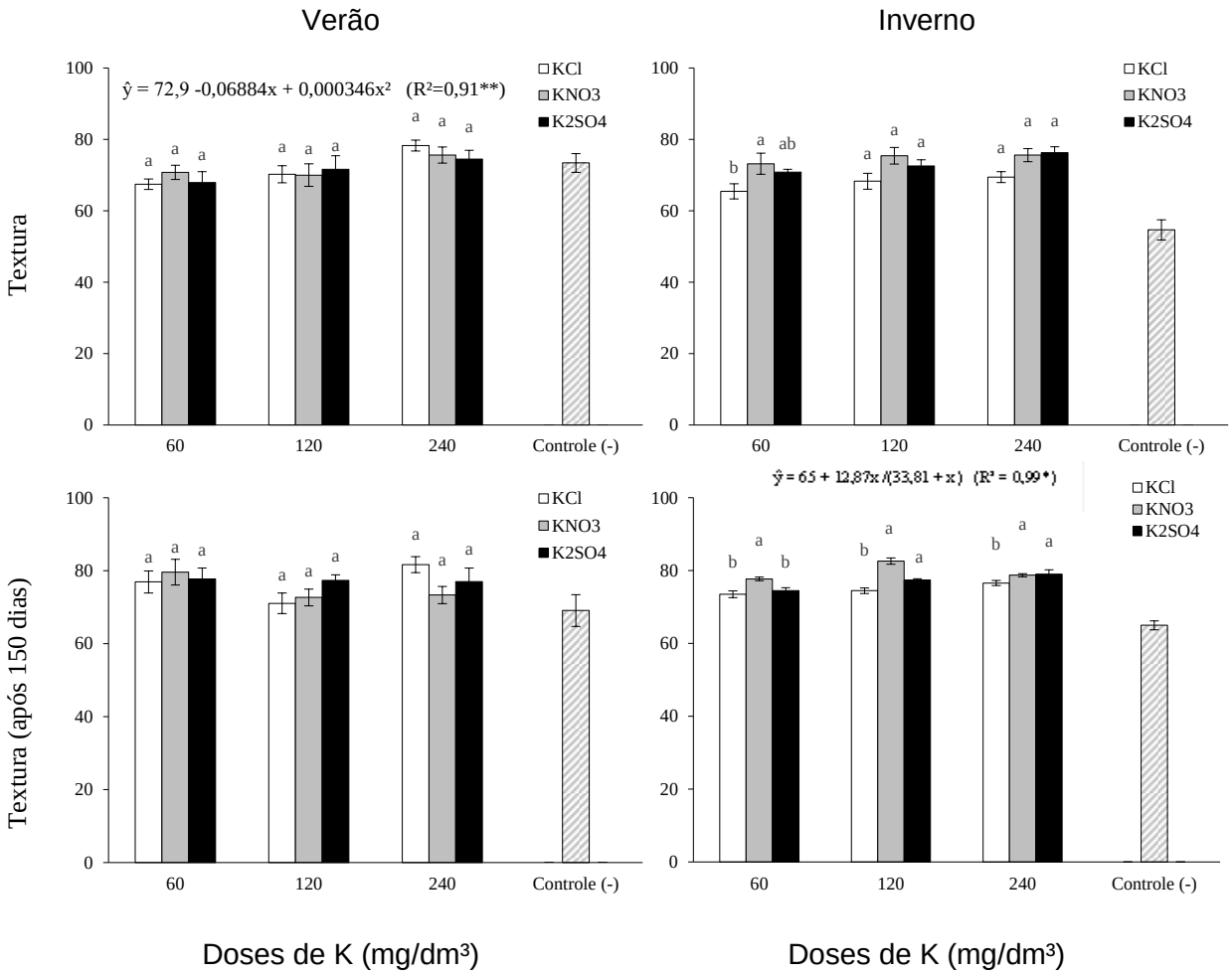


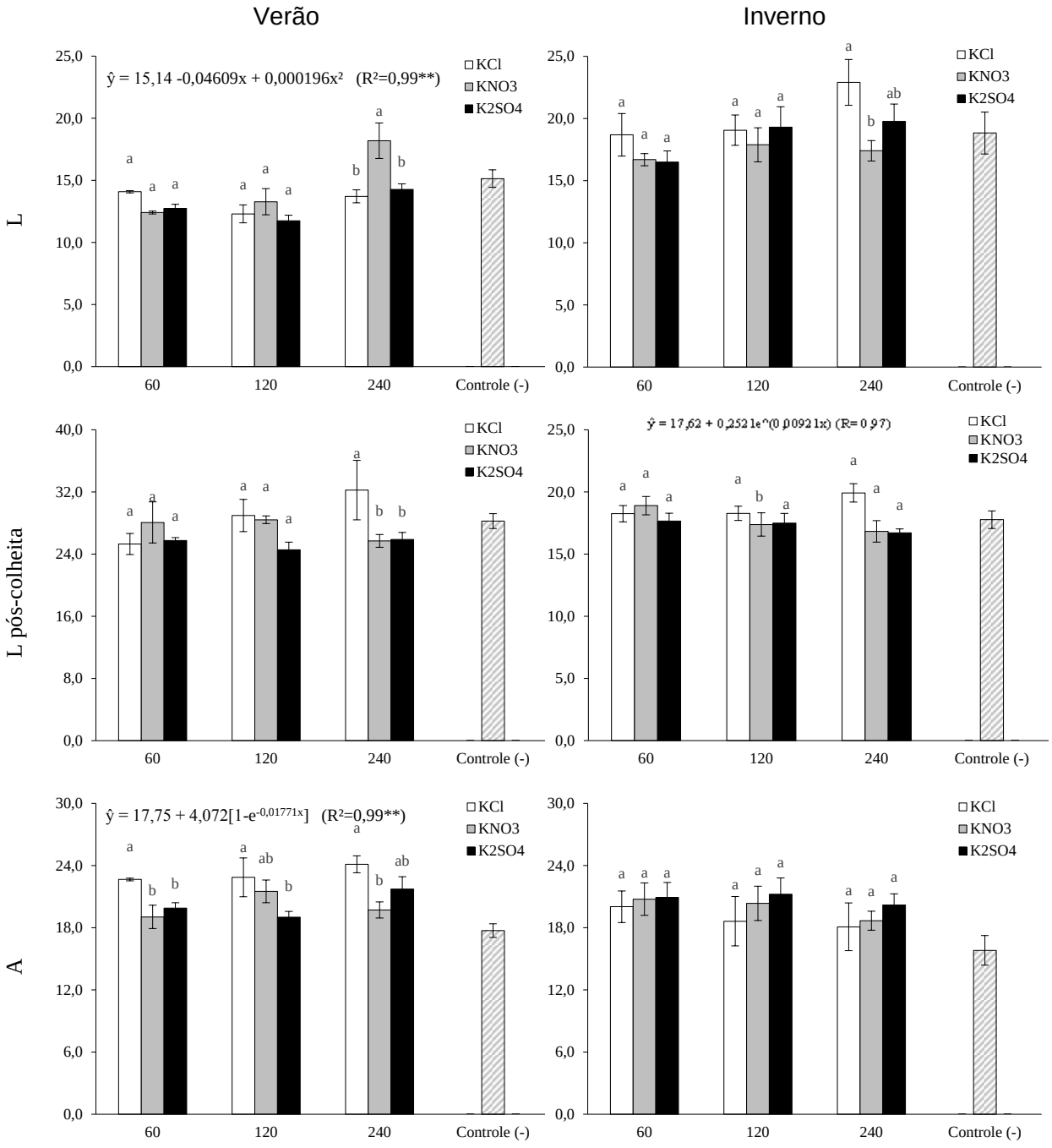

**Figura 5.** Textura das raízes beterrabas em função a fontes e doses de potássio em duas épocas de cultivo (verão e inverno). UFV, Rio Paranaíba – MG (2020).

A maior intensidade ou luminosidade da cor (L*) foi obtida quando as plantas foram adubadas com 240 mg/dm$^3$ de K via $KNO_3$. Após o armazenamento a luminosidade da cor foi maior quando a fonte de K empregada foi o KCl com a aplicação de 240 mg/dm$^3$ de K. As raízes obtidas do cultivo do inverno apresentaram luminosidade da cor (L*) semelhantes, independentemente da dose ou fonte de K aplicada no solo (figura 6). Posterior ao armazenamento, os maiores valores de L* foram alcançados com a dose estimada de 176 mg/dm$^3$ de K.

A máxima absorbância cromática (A) nas raízes produzidos em verão foi obtida com 74,39 mg/dm$^3$ de K independente da fonte utilizada. Após o armazenamento essa variável não foi alterada pelos fatores em estudo. As raízes obtidas do cultivo do inverno apresentaram intensidade cromática (A) na colheita e após o armazenamento inalterada ao fornecimento de K.

Antes do armazenamento das raízes colhidas do cultivo de verão a coordenada cromática (B) foi incrementada até a dose de 74 mg/dm$^3$ de K

independente das fontes. Essa variável não foi alterada pelos tratamentos após o armazenamento. A coordenada cromática (B) das raízes colhidas no inverno não foram alteradas por fontes ou doses após a colheita ou armazenamento.



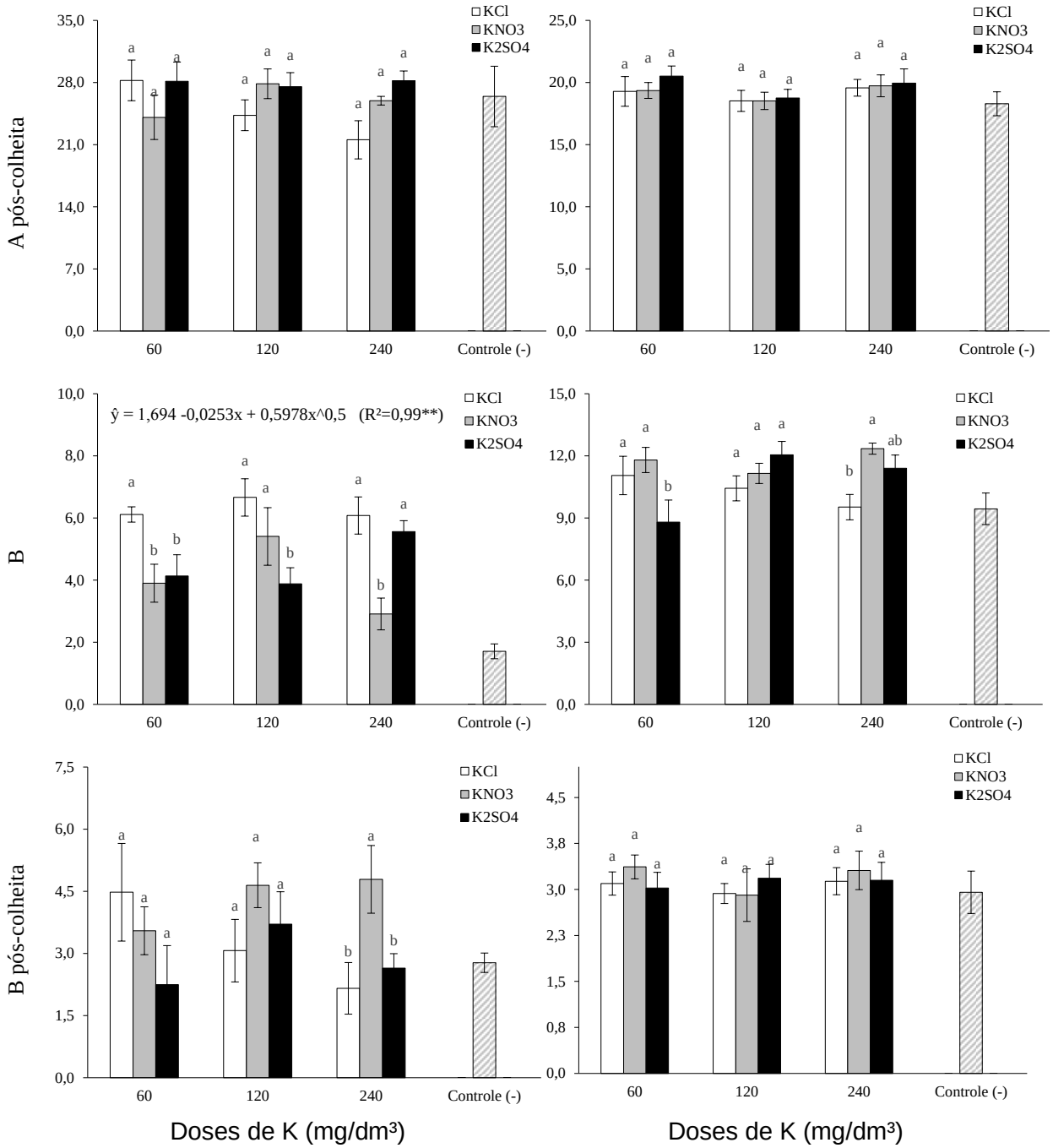



**Figura 6.** Intensidade da *Cor L*, *A* e *B* das raízes de beterrabas na colheita e pós-colheita em função a fontes e doses de potássio em duas épocas de cultivo (verão e inverno). UFV, Rio Paranaíba – MG (2020).

A acidez do suco extraído das raízes cultivadas no verão antes do armazenamento foi alterada quando empregadas as fontes KCl e $KNO_3$. Após o armazenamento, a acidez foi alterada apenas quando a fonte foi o KCl aplicado nas doses de 120 ou de 240 mg/dm$^3$ de K. As raízes cultivadas no período de inverno não tiveram a acidez alterada pela fonte ou dose de K. Depois de serem

armazenadas as fontes de K não alteraram a acidez das raízes, mas a resposta foi linear em função das doses de K.

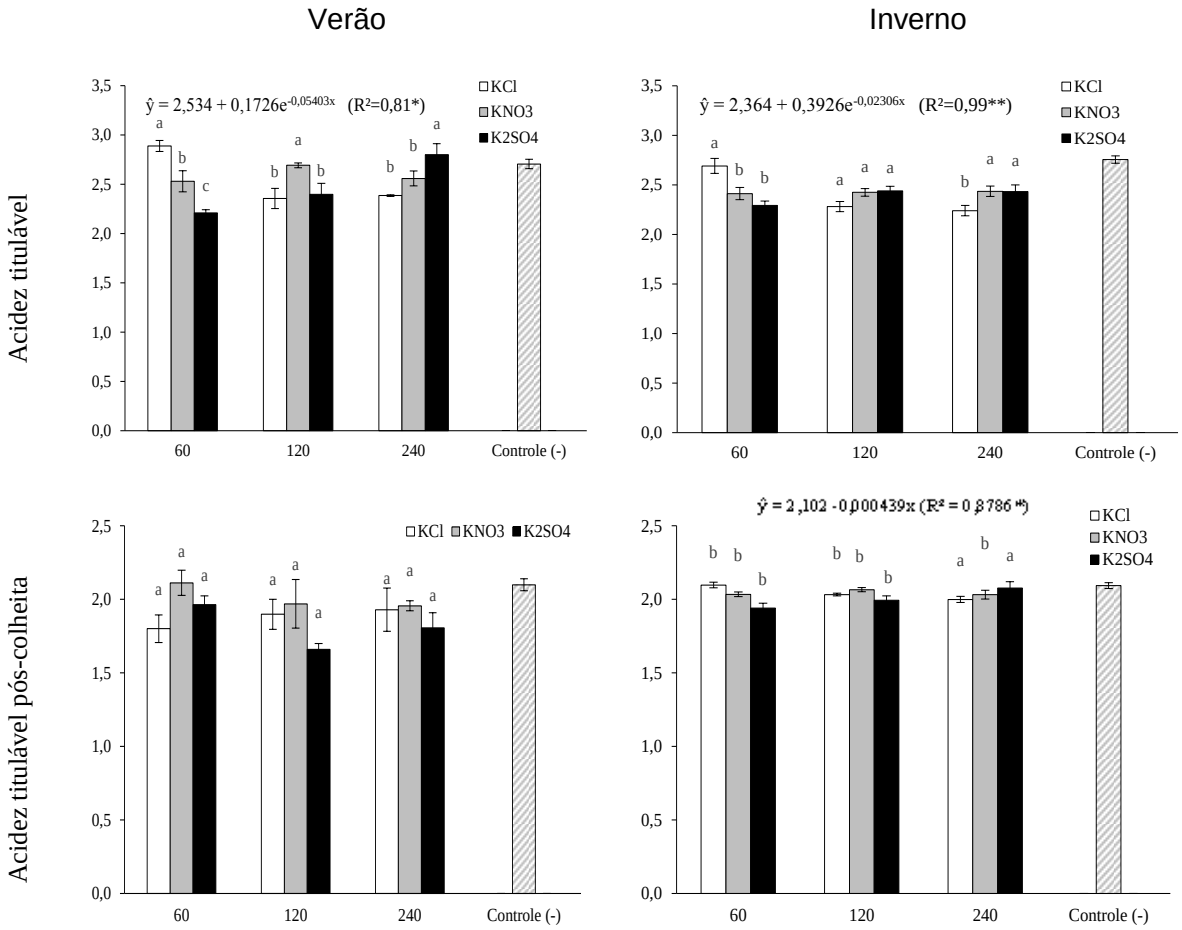


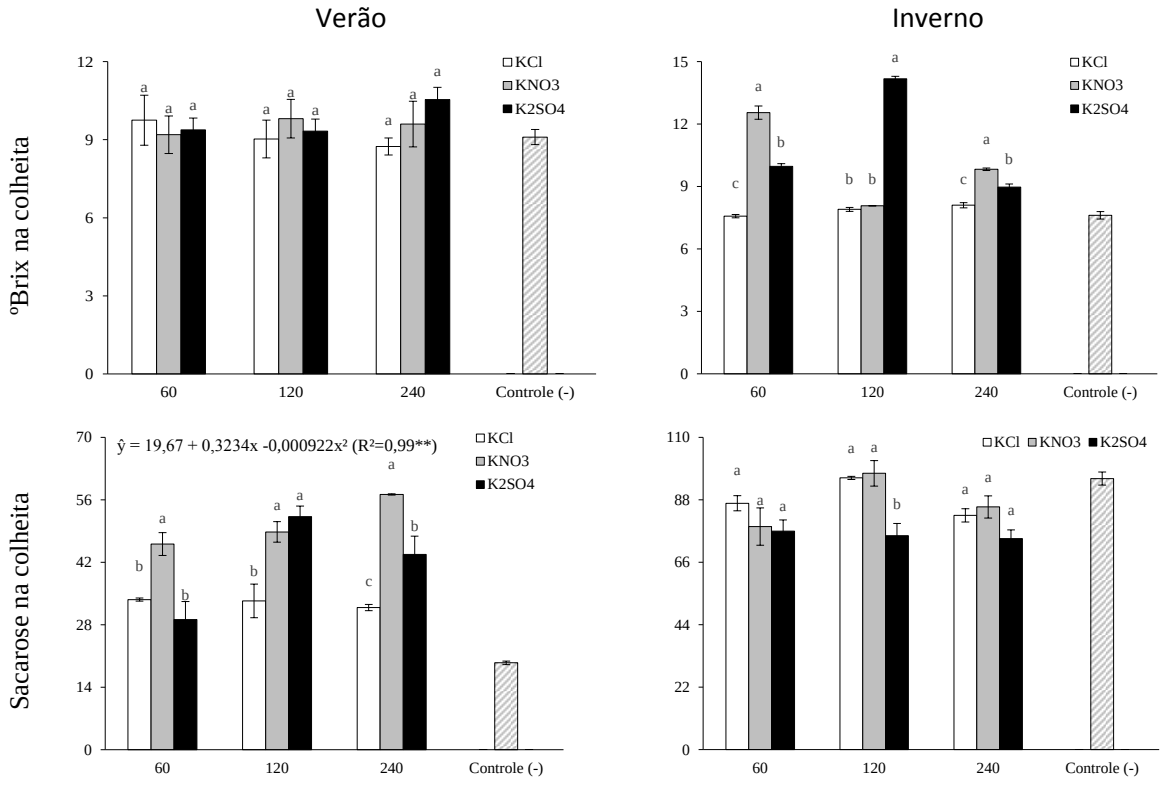

**Figura 7.** Acidez total das raízes de beterrabas na colheita e pós-colheita em função a fontes e doses de potássio em duas épocas de cultivo (verão e inverno). UFV, Rio Paranaíba – MG (2020).

Os sólidos solúveis totais das raízes de beterraba cultivadas no verão não foram alterados pelos tratamentos (Figura 8). Após armazenamento, a combinação da dose de 120 mg/dm³ de K com a fonte $K_2SO_4$ proporcionou o maior valor de sólidos solúveis totais (ºBrix). No cultivo de inverno os valores de sólidos solúveis foram maiores que os obtidos nas raízes cultivadas no verão e sem efeito consistente da fonte de K. Não obstante, depois de serem armazenados houve alterações do teor de sólidos solúveis das raízes de beterrabas como respostas as fontes e doses de K. As raízes que receberam fornecimento de K da fonte $KNO_3$ apresentaram maior teor de sólidos solúveis após armazenamento em comparação

ao outras fontes (KCl e $K_2SO_4$). Para alcance do máximo sólidos solúveis foram necessários 135 mg/dm³ de K.

O principal açúcar solúvel detectado foi a sacarose que foi incrementada até a dose de 125 mg/dm³ de K. As maiores percentagens de sacarose no cultivo de verão foram associadas ao uso da fonte $KNO_3$. (Figura 8). Após 150 dias de armazenamento em câmara fria a percentagem de sacarose não dependeu dos tratamentos.

No cultivo de inverno, similar ao cultivo de verão, o principal açúcar solúvel foi a sacarose e as quantidades de glicose e de frutose foram não detectáveis. A concentração de sacarose foi maior nas raízes obtidas do cultivo do inverno, em comparação as cultivadas no verão. Após o armazenamento o açúcar solúvel apresentado foi à sacarose, as fontes de K não alteraram o teor da sacarose, não obstante a sacarose foi aumentada de maneira linear com os níveis de K fornecidas.



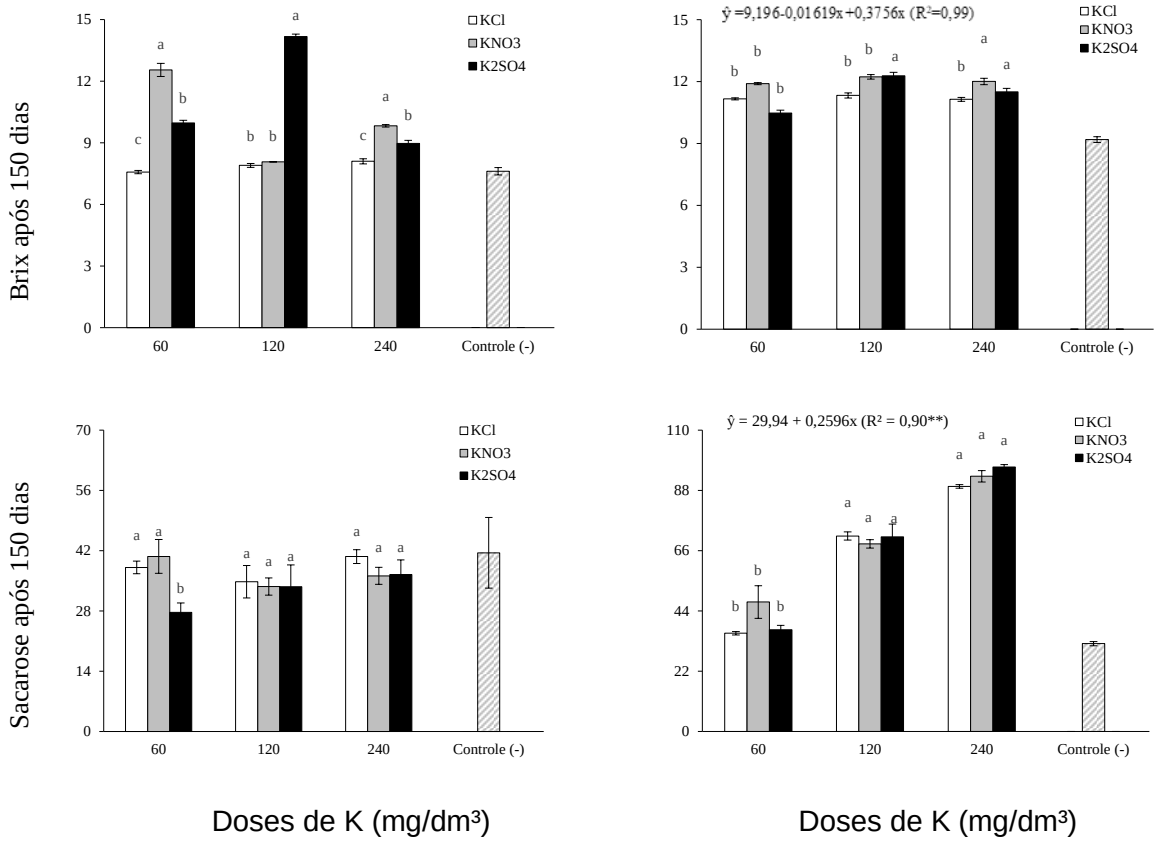



**Figura 8**. ºBrix e sacarose das raízes de beterrabas na colheita e após 150 dias de armazenamento em câmara fria em função a fontes e doses de potássio em duas épocas de cultivo (verão e inverno). UFV, Rio Paranaíba – MG (2020).

## DISCUSSÃO

A fotossíntese líquida e a condutância são sensíveis à nutrição, em especial a potássica que incrementa essas variáveis. O K fornecido em forma equilibrada aumenta os pigmentos de clorofila (a e b) por melhorar a estabilidade do complexo de proteínas e a estrutura do cloroplasto, o que culmina na maior taxa fotossintética (Chen et al., 2018; Ibrahim et al., 2012).

A influência das doses de K na produtividade da beterraba nos experimentos foi bem explícita. Em beterraba o K aumenta o teor de açúcar, melhora a regulação osmótica, reduz as atividades antioxidantes não enzimáticas produzidos pela planta com fins de defesa em situação de estresse, o que gera maior crescimento e produção da planta (Mubarak et al. 2016; Aksu & Altay, 2020).

A influência das fontes de K (e dos íons acompanhantes do K) na beterraba da variedade Boro não foi significativa no incremento da produtividade ou da

qualidade das raízes. O uso KCl, apesar do maior índice salino e do ânion acompanhante do K ser um micronutriente, foi adequado para a beterraba. Isso pode ser devido à alta tolerância da beterraba à salinidade, sendo a planta considerada de boa tolerância à alta concentração de sais (Gen et al., 2019). Independentemente da fonte, o K exerce um papel fundamental no rendimento e na qualidade da beterraba (Yu-ying & Hong, 1997), o que ficou evidenciado na presente pesquisa.

Em melancia adubações com $K_2SO_4$, seguido por $KNO_3$ e KCl proporcionaram as maiores produções (Cecílio Filho & Grangeiro, 2004). Em batata, as maiores produções de massa fresca e seca de folha e de tubérculos, sólidos solúveis, concentração de amido e estimativa de produção de etanol foram obtidas com adubação via $K_2SO_4$ (Silva, 2013). Em batatas a composição química pode ser alterada em função das fontes e doses de K e cultivar empregado, obtendo-se assim vitamina C, cinzas, carboidratos, energia e amido em teores menores quando a adubação potássica foi com KCl em comparação ao $K_2SO_4$ em solos com alta fertilidade (Quadros et al., 2009).

A menor produção de MS da beterraba quando não houve adubação com K pode ser atribuída aos prejuízos na taxa de fotossíntese e atividade de enzimas relacionadas ao transporte de sacarose (Diaz-Medina et al., 2016). Fornecimento equilibrado de K em beterrabas em condições adversas de estresse salino melhora o conteúdo da matéria seca total (Abbas & Al-Jbawi, 2019). Por isso, as concentrações adequadas de K disponível no solo agrícola melhora a eficiência do uso de água pela cultura da beterraba, aumenta a tolerância ao estresse e melhora os rendimentos da planta (Jákli et al., 2018).

O acúmulo de K varia em função da produção de matéria seca da parte aérea e raízes. As plantas podem absorver o $K^+$ em quantidades acima da atual necessidade, ficando o excedente armazenado no vacúolo da célula denominado consumo de luxo (Fernandes et al., 2018; Rodríguez-Navarro & Rubio, 2006). No solo, a menor disponibilidade de K quando aplicado o KCl pode ser devido à alta solubilidade e a alta mobilidade do íon acompanhante ($Cl^-$), o que resulta na maior mobilidade de K no solo para camadas profundas (Ernani et al., 2012).

As fontes de K não alteraram as atividades enzimáticas do solo. Assim, supõe-se que não houve desequilíbrio na rizosfera das beterrabas em função das doses ou fontes de K e que os exsudatos radiculares estimularam a biomassa

microbiana. Isso porque, sem adubação com K, houve menor C na biomassa microbiana, o que pode indicar menor crescimento de bactérias e fungos que colonizam a rizosfera (Tedersoo & Bahram 2019). Os microrganismos são determinantes no ciclo de nutrientes, participam na estruturação do solo, geram solubilização de nutrientes, aumentam as associações mutualísticas com plantas e animais, participa na retenção de água e produzem hormônios vegetais. Além disso, geram substâncias inibidoras de plantas e de microrganismos e uma variedade de enzimas e outros compostos com efeitos variados no solo (Totola & Chaer, 2002).

A atividade microbiana do solo, a diversidade de microrganismos, a atividade enzimática, a taxa de respiração e a biomassa microbiana estão envolvidas na capacidade de ciclagem de nutrientes e na melhora da qualidade do solo (Ferreira et al., 2017; Epelde et al., 2014; Bowles et al., 2014).

Nos tratamentos sem aplicação de K provavelmente a disponibilidade desse nutriente no solo foi suficiente para que as atividades bioquímicas não fossem afetadas. O sistema radicular da planta exsuda metabólitos de carbono que atuam como alimento e fonte de energia para os microrganismos (Olanrewaju et al., 2019).

O aumento da firmeza das raízes no verão para doses de 240 mg/dm$^3$ de $K_2O$ na fonte de KCl é devido provavelmente ao aproveitamento do íon Cl que está associado ao metabolismo da água, transpiração e atividade fotossintética das plantas. Assim, após colheita, a respiração total pode ser reduzida por meio da inibição da respiração da via do citocromo e biossíntese de etileno (Guo et al., 2014; Taiz & Zeiger, 2013).

No cultivo de inverno, os tratamentos não influenciaram a firmeza das raízes. Entretanto, as médias foram maiores que as obtidas das raízes cultivadas no verão. A beterraba tem melhores condições para seu crescimento com temperaturas médias de 10 a 20 ºC e com bom suprimento hídrico (Puiatti & Finger, 2005; Coutinho et al., 2018). Como no verão as temperaturas médias durante o cultivo variaram de 21,1 a 22,6ºC (Figura 1) à planta possivelmente sofreu estresse térmico.

Após o armazenamento das beterrabas produzidas no verão não houve diferença entre os tratamentos para variáveis de qualidade. A perda de firmeza com o armazenamento é devido ao consumo das reservas para manutenção vegetal, que culminam com enfraquecimento da parede celular (Mendonça et al., 2007; Drake et al., 2004). Após o armazenamento das raízes colhidas no inverno houve diminuição da firmeza, quando não se realizou adubação potássica. Essa foi mantida quando

realizada adubação, independente da fonte. A deficiência de K aumenta a taxa de respiração e, com isso, mais energia é necessária para esta função, o que culmina na redução do tempo de armazenamento (Pettigrew, 2008).

As raízes de beterrabas produzidas com adubação de 60 mg/dm$^3$ de K via KCl apresentaram maior acidez em comparação as doses maiores do nutriente. Isso pode ter ocorrido porque o íon Cl em elevadas concentrações influencia negativamente as enzimas responsável da formação do ácido cítrico (Argentel et al., 2009). Entretanto, com $KNO_3$ houve maior acidez com 120 mg/dm$^3$, justificando-se que a planta assimilou melhor o N nessa dose. As plantas bem supridas com K estão aptas para absorver mais nitrogênio aumentando a rapidez da convenção do N à proteína. Assim, baixo suprimento de K restringe o transporte adequado de $NO_3$ e inibe a formação das proteínas, levando ao acúmulo na planta de nitrato-N e amino-N solúvel (Römheld & Kirkby, 2010).

A adubação com $K_2SO_4$ resultou em aumento da acidez em função das doses de K. Isso ratifica a importância do íon acompanhante (S) no metabolismo das plantas como potencial defensor contra estresse (Rausch & Wachter, 2005). O fornecimento adequado de K eleva o teor de ácido ascórbico, aumentando assim a acidez titulável (Chitarra & Chitarra, 2005). Quanto maior a concentração vacuolar de cátions, maior será concentração de ácidos orgânicos Carneiro et al. (2018).

Os ácidos orgânicos após armazenamento de frutos de maçãs foram menores quando as plantas foram subnutridas em K (Hunsche et al., 2003). Resultado similar foi observado em beterrabas, com redução dos teores dos ácidos, o que pode ser explicado pela maior taxa metabólica das raízes durante o armazenamento.

Com relação aos atributos de coloração das raízes de beterraba, foi observado que na leitura do fator luminosidade (L*), em plantas cultivadas no verão e adubadas com 240 mg/dm$^3$ de K fornecido com $KNO_3$ a contribuição do íon acompanhante no aumento de pigmentos e propriedades antioxidantes nas raízes de beterraba. Não tem registros de pesquisas da influência de fontes de K na cor de raízes de beterraba. Em outras culturas, independente das fontes, o K melhora a coloração vermelha (Hunsche et al., 2003).

Após a colheita das raízes de beterrabas cultivadas no inverno, não houve alteração na variável (L*). Entretanto, depois do armazenamento dessas raízes, houve interferências das doses de K, a qual indica a intensificação da cor vermelho devido ao aumento de betanina nas raízes (Gonçalves et al., 2015).

O incremento da intensidade de cor vermelha (A) nas raízes de beterraba cultivadas no verão em função de doses de K pode ser atribuído à maior estabilidade do complexo de proteínas a atividade das enzimáticas antiestresse. A betaleína, pigmento menos sensível ao calor é incrementada pelo K (Chen et al., 2018; Barrett et al., 2010), o que pode melhor a intensidade da cor vermelha.

Os valores de (B) não foram modificados nas raízes cultivadas no inverno, logo após a colheita ou após o armazenamento. Entretanto, foi incrementada pelas doses de K nas raízes cultivadas no verão. O aumento dos valores de B indica maior contribuição da cor amarela, a qual é devida a presença de carotenoides que exercem o papel de proteger as raízes das beterrabas em situações adversas de temperaturas e luz (Barrett et al., 2010).

A falta de resposta aos tratamentos sobre os sólidos solúveis nas raízes cultivadas no verão pode ser devido ao estresse de térmico a que as plantas foram submetidas. O potássio é um nutriente que normalmente incrementa o acúmulo de açúcares, ácidos orgânicos e íons inorgânicos, os quais elevam o ºBrix, a capacidade antioxidante e a firmeza (Preciado-Rangel et al., 2018). Quando a planta tem algum tipo de estresse às atividades enzimáticas são afetadas e em vez de gerar metabolitos primários como “açucares’’, há investimento nos metabólitos secundários como mecanismo de defesa ante os fatores adversos (Amaral et al., 2020; Zhang et al., 2018; Taiz & Zeiger, 2013).

O maior acúmulo de sólidos solúveis nas raízes cultivadas no inverno comparado às de verão foi provavelmente devido ao menor estresse térmico e, por conseguinte, maior aproveitamento dos demais nutrientes fornecidos como o N, Ca e S. A adubação nitrogenada em beterraba incrementa os sólidos solúveis de forma quadrática (Aquino et al., 2006). A adubação potássica melhorou a eficiências nas funções bioquímica dos nutrientes, com possível maior atividade da redutase do nitrato nas folhas, e das enzimas antioxidantes, o que proporciona maior acúmulo de carboidratos e, por consequência, maior ºbrix (Souza et al., 2020; Lima et al., 2020).

Após armazenamento houve redução do ºBrix, independente das fontes e das doses de K empregadas no cultivo da beterraba. Os açúcares têm funções estruturais ou como substratos respiratórios na geração de energia e intermediários metabólicos. Além disso, os açúcares promovem a expressão de enzimas em conexão com a biossíntese, utilização e armazenamento de reservas (amido, lipídios e proteínas) (Yu, 1999). O consumo dos açúcares para manutenção das funções

vitais durante o armazenamento explica a redução do ºbrix. Após o armazenamento das raízes produzidas no cultivo de inverno com adubação de $KNO_3$ houve incremento dos sólidos solúveis, fato atribuído provavelmente ao N melhorar a concentração de sacarose nas raízes no papel estrutural da composição de aminoácidos (Taiz & Zeiger, 2013). A resposta às doses de K evidenciou a importância desse elemento na manutenção das atividades enzimáticas e produção de açúcar (Lester et al., 2005; Zhang et al., 2018).

A presença de sacarose no suco das raízes da beterraba não foi alterada pelas fontes de K. Entretanto, houve incremento quadrático em função das doses até 175 mg/dm$^3$ de K. Essa diferença com a testemunha deve-se ao papel do K em acrescentar a reserva de carboidratos, amenizar o estresse advindo da alta temperatura e concentrar mais sacarose (Zheng et al., 2016).

Após o armazenamento as concentrações de sacarose foram similares as do pré-armazenamento, enquanto que a frutose não detectável (antes do armazenamento) foi presente em baixas concentrações depois do armazenamento. Essas alterações não foram influenciadas pelas doses ou fontes de K empregadas no cultivo. As alterações são explicadas pela quebra dos açúcares (sacarose) e ácidos orgânicos durante a respiração dos produtos armazenados (Mahmood & Murdoch, 2017; Taiz & Zeiger, 2013). O teor de sacarose após armazenamento das beterrabas produzidas no inverno, foi incrementado pelas doses de K. O fornecimento adequado de potássio interfere em muitas enzimas envolvidas na formação e translocação de carboidratos e, com isso, as atividades bioquímicas são otimizadas (Taiz & Zeiger, 2013).

## CONCLUSÕES

As fontes de K não apresentam efeito importante nas variáveis de produtividade e de qualidade na colheita e após o armazenamento. Essas variáveis são incrementadas pela adubação potássica de forma independente da fonte aplicada.

No cultivo de verão o alcance de pelo menos 95% da máxima produção foi associado a 175,9 e 167,5 mg/dm³ de K com as fontes KCl e $KNO_3$, sendo inferior a resposta ao K quando a fonte foi o $K_2SO_4$. No cultivo de inverno as produções de

beterraba e crescimento da planta (raízes + folhas) foram incrementadas pela adubação potássica de forma similar entre as fontes testadas

As fontes de K não alteram a atividade de enzimas e da microbiota do solo.

Raízes de beterraba produzidas no cultivo de inverno apresentaram maior qualidade do que as produzidas no verão, independentemente da fonte de K.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, F.; AL-JBAWI, E.; IBRAHIM, M. Effect of salinity and potassium enrichment on some growth attributes in sugar beet (Beta vulgaris, L.). **Journal of Agricultural Science and Technology B to**, v. 9, p. 152-159, 2019.

AKSU, G.; ALTAY, H. The Effects of Potassium Applications on Drought Stress in Sugar Beet. **Sugar Tech**, p. 1-11, 2020.

ALI, A; KHAN, I.U; JAN, M; KHAN, H.A; HUSSAIN, S; NISAR, M; YUN, D. J. The high-affinity potassium transporter EpHKT1; 2 from the extremophile Eutrema parvula mediates salt tolerance. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1108, 2018.

ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.27-32, 2000.

AMARAL, C.L.; SANTOS, J.; PORTUGAL, C.R.S.; BRAGA, A.F.; ALVES, P.L.C.A. Growth of Vernonia ferruginea Seedlings Submitted to Thermal Stress. **Planta Daninha**, v. 38, 2020.

AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington: AOAC, 1995.

AQUINO, L.A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P.R.; PEREIRA, F.H.; LADEIRA, I.R.; CASTRO, M.R. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 199-203. 2006.

ARGENTEL, L.; LÓPEZ, R.C.; FONSECA, I.; GIRÓN, R.; GÓMEZ, E.; GONZÁLEZ, L.M.; LÓPEZ AGUILAR, D.R. Contenido de clorofila e iones en la variedad de trigo harinero Cuba-C-204 en condiciones de estrés salino. **Cultivos Tropicales**, v. 30, n. 4, p. 00-00, 2009.

BARRETT, D.M.; BEAULIEU, J.C.; SHEWFELT, R. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and

sensory measurement, and the effects of processing. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 50, n. 5, p. 369-389, 2010.

BOWLES, T.M.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; CALDERÓN, F.; JACKSON, L.E. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 68, p. 252-262, 2014.

CARNEIRO, M.A.; LIMA, A.M.N.; CAVALCANTE, Í.H.L.; SOUSA, K.D.; OLDONI, F.C.A.; BARBOSA, K.D.S. Production and quality of mango fruits cv. Tommy atkins fertigated with potassium in semi-arid region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, 2018.

CARVALHO, A. M. X.; MENDES, F. Q.; MENDES, F. Q.; TAVARES, L. T. SPEED Stat: A free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments**. Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 20(3):e327420312, 2020.

CECÍLIO FILHO, A.B; GRANGEIRO, L.C. Qualidade de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 570-576, 2004.

CHEN, Z.; TAO, X.; KHAN, A.; TAN, D.K.; LUO, H. Biomass accumulation, photosynthetic traits and root development of cotton as affected by irrigation and nitrogen-fertilization. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 173, 2018.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**: fisiologia e manuseio. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.

COUTINHO, P.W.; ECHER, M.M.; OLIVEIRA, P.S.; DALASTRA, G.M.; CADORIN, D.A.; VANELLI, J. Productivity and Qualitative Characteristics of Varieties of Beets. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 6, 2018.

DRAKE, S.R.; MIELKE, E. A.; ELFVING, D. C. Maturity and Storage Quality ofConcorde'Pears. **HortTechnology**, v. 14, n. 2, p. 250-256, 2004.

EPELDE, L.; BURGES, A.; MIJANGOS, I.; GARBISU, C. Microbial properties and attributes of ecological relevance for soil quality monitoring during a chemical stabilization field study. **Applied Soil Ecology**, v. 75, p. 1-12, 2014.

ERNANI, P.R.; MANTOVANI, A.; SCHEIDT, F. R.; NESI, C. Liming decreases the vertical mobility of potassium in acidic soils. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 43, n. 19, p. 2544-2549, 2012.

FACTOR T.L.; PURQUERIO L.F.; SILVEIRA, J.M.; CALORI A.H.; RONCHI, R.S.; LIMA, J.S. 2012. Acúmulo de macronutrientes pela cultura da beterraba em sistema de plantio direto. Horticultura Brasileira 30: S3360-S3368.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas Del campo al mercado. (online). Balcarce, Argentina. 2003 Disponível em:// www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s00.htm>. Acesso em: 07 junho. 2019.

FERNANDES, MS.; DE SOUZA, SR.; SANTOS, L. Nutrição Mineral de Plantas. 2. Ed. Viçosa, MG. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 2018. 670 p.

FERREIRA, E.P.; STONE, L.F.; MARTIN-DIDONET, C.C. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 22-31, 2017.

FERREIRA, M.D.; SPRICIGO, P.C. Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2017.

GEISSELER, Daniel; LINQUIST, Bruce A.; LAZICKI, Patricia A. Effect of fertilization on soil microorganisms in paddy rice systems–A meta-analysis. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 115, p. 452-460, 2017.

GENG, G.L.; STEVANATO, P.; LI, R.; LIU, H.; YU, L.; WANG, Y. Transcriptome analysis of salt-sensitive and tolerant genotypes reveals salt-tolerance metabolic pathways in sugar beet. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 23, p. 5910, 2019.

GONÇALVES, C.A.; LIMA, L.C.; LOPES, P.S.; PRADO, ME. Caracterização física, físico-química, enzimática e de parede celular em diferentes estádios de desenvolvimento da fruta de figueira. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 1, p. 220-229, 2006.

GRANGEIRO, L.C.; NEGREIROS, M.D.; SOUZA, B.D.; AZEVEDO, P.D.; OLIVEIRA, S.D.; MEDEIROS, M.D. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 267-273, 2007.

GRZEBISZ, W.; GRANSEE, A.; SZCZEPANIAK, W.; DIATTA, J. The effects of potassium fertilization on water-use efficiency in crop plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 176, n. 3, p. 355-374, 2013.

GUO, Q.; WU, B.; PENG, X.; WANG, J.; LI, Q.; JIN, J.; HA, Y. Effects of chlorine dioxide treatment on respiration rate and ethylene synthesis of postharvest tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 93, p. 9-14, 2014.

HOSHIBA, C.K.; FATECHA, D.A.; COPPO, J.C.; ALVES, A. Influence of doses and of two sources of potassium in the maize root system and in the electrical conductivity in the soil. **Investigación Agraria**, v. 19, n. 1, p. 28-34, 2017.

IBRAHIM, M.H.; JAAFAR, H.Z.; KARIMI, E.; GHASEMZADEH, A. Primary, secondary metabolites, photosynthetic capacity and antioxidant activity of the Malaysian Herb Kacip Fatimah (Labisia Pumila Benth) exposed to potassium fertilization under greenhouse conditions. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n. 11, p. 15321-15342, 2012.

JÁKLI, B.; HAUER-JÁKLI, M.; BÖTTCHER, F.; MEYER ZUR MÜDEHORST, J.; SENBAYRAM, M.; DITTERT, K. Leaf, canopy and agronomic water-use efficiency of field-grown sugar beet in response to potassium fertilization. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 204, n. 1, p. 99-110, 2018.

LESTER, G.E.; JIFON, J.L.; ROGERS, G. Supplemental foliar potassium applications during muskmelon fruit development can improve fruit quality, ascorbic acid, and beta-carotene contents. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 130, n. 4, p. 649-653, 2005.

LIMA, G.S.; PINHEIRO, F.W.; GHEYI, H.R.; SOARES, L.A.; SILVA, S.D. CRESCIMENTO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO POTÁSSICA. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 775-784, 2020.

MAHMOOD, S.A.; MURDOCH, A.J. Within-field variations in sugar beet yield and quality and their correlation with environmental variables in the East of England. **European journal of agronomy**, v. 89, p. 75-87, 2017.

MELO, R.R.; GONÇALVES, S.L.; BACCARIN, F.J.; VASCONCELOS, W.A.; MIRANDA, S.D. Influência de altas dosagens de cloreto de potássio no desenvolvimento de espécies em cultivo hidropônico. **PUBVET**, v. 14, p. 141, 2020.

MENDONÇA, R.D.; FERREIRA, K.S.; SOUZA, L M.D.; MARINHO, C.S.; TEIXEIRA, S.L. Caracteristicas físicas e químicas de goiabas' Cortibel 1'e'Cortibel 4'armazenadas em condições ambientais. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 685-692, 2007.

MUBARAK, M.U.; ZAHIR, M.; AHMAD, S.; WAKEEL, A. Sugar beet yield and industrial sugar contents improved by potassium fertilization under scarce and adequate moisture conditions. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 15, n. 11, p. 2620-2626, 2016.

NOVAIS, R; ALVAREZ, V.H; DE BARROS, N.F; FONTES, R.L; CANTARUTTI, R.B; NEVES, J.C. Fertilidade de Solo. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. 1017 p.

OLANREWAJU, O.S.; AYANGBENRO, A.S.; GLICK, B.R.; BABALOLA, O.O. Plant health: feedback effect of root exudates-rhizobiome interactions. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 103, n. 3, p. 1155-1166, 2019.

PAULETTI, V.; MENARIM, E. Época de aplicação, fontes e doses de potássio na cultura da batata. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1, p. 15-20, 2004.

PETTIGREW, W.T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia plantarum**, v. 133, n. 4, p. 670-681, 2008.

PRECIADO-RANGEL, P.; SALAS-PÉREZ, L.; GALLEGOS-ROBLES, M.Á.; RUIZ-ESPINOZA, F.H.; AYALA-GARAY, A.V.; FORTIS-HERNÁNDEZ, M.; MURILLO-AMADOR, B. Increasing doses of potassium increases yield and quality of muskmelon fruits under greenhouse. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 184-188, 2018.

PUIATTI, M.; FINGER, F.L. Fatores climáticos. **FONTES, PCR Olericultura: teoria e prática. Viçosa: Editora UFV**, p. 17-30, 2005.

QUADROS, D.A.; IUNG, M.C.; FERREIRA, S. M.; FREITAS, R.J. Composição química de tubérculos de batata para processamento, cultivados sob diferentes doses e fontes de potássio. **Food Science and Technology**, v. 29, n. 2, p. 316-323, 2009.

RAUSCH, T; WACHTER, A. Sulfur metabolism: a versatile platform for launching defence operations. **Trends in plant science**, v. 10, n. 10, p. 503-509, 2005.

RIBEIRO, A.C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999.

RODRÍGUEZ-NAVARRO, A.; RUBIO, F. High-affinity potassium and sodium transport systems in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 5, p. 1149-1160, 2006.

RÖMHELD, V; KIRKBY, E. A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. **Plant and soil**, v. 335, n. 1-2, p. 155-180, 2010.

ROSOLEM, C.A.; SILVÉRIO, J.C.; MACHADO, J.R. Adubacao foliar do algodoeiro. II. Efeitos de NPK e micronutrientes em funcao do preparo do solo. **BRAZILIAN**

**JOURNAL OF AGRICULTURE-Revista de Agricultura**, v. 58, n. 1-2, p. 37-44, 2020.

SANTOS, A. F.; RIBEIRO, C.A.; POLESE, L.; ERNANDES, J.R.; KESSERLINGH, S.M.;NONATO, R.V. Determinação de parâmetros de validação de métodos cromatográficos para análise de 5-hidroximetilfurfural e açúcares em amostras de processo de produção de polímero biodegradável. **Eclética Química**, v. 31, n. 1, p. 13-19, 2006.

SILVA, F.C.D.S. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, G.S.P. Concentração de amido e estimativa de rendimento de álcool em batata doce cultivada com diferentes fontes e doses de potássio. **Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia Guarapuava**, 2013.

SILVA, M.A.; BOARETTO, A.E.; FERNANDES, H.G.; BOARETTO, R.; MELO, A.M.; SCIVITTARO, W.B. Características químicas de um latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 561-566, 2001.

SOUZA S.P.; MESQUITA, N.L.; ALMEIDA, J.R.; COUTRIM, R.L.; CAIRO, P.A.; SILVA, L.D. Crescimento, qualidade de raízes e atividade da redutase do nitrato em plantas de rabanete submetidas a doses de potássio e fontes de nitrogênio. **Scientia Plena**, v. 16, n. 6, 2020.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. **Methods of Soil Analysis: Part 2 Microbiological and Biochemical Properties**, v. 5, p. 775-833, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal 5ªed. **Porto Alegre: Editora Artmed**, 2013.

TEDERSOO, L; BAHRAM, M. Mycorrhizal types differ in ecophysiology and alter plant nutrition and soil processes. **Biological Reviews**, v. 94, n. 5, p. 1857-1880, 2019.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Ufrgs, 1995.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em ciência do solo**, v. 2, n. 3, p. 195-276, 2002.

WANG, X.G.; ZHAO, X.H.; JIANG, C.J.; LI, C.H.; SHAN, C.O.; DI, W.U.; WANG, C.Y. 2015. Effects of potassium deficiencyon photosynthesis and photoprotection mechanisms in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Journal of Integrative Agriculture,** 14, 856–863.

YU, SU-MAY. Cellular and genetic responses of plants to sugar starvation. **Plant Physiology**, v. 121, n. 3, p. 687-693, 1999.

YU-YING, Li; HONG, Liang. Effects of potassium fertilizers on sugar beet yield and quality. **Better Crops International**, v. 11, n. 2, p. 25, 1997.

ZHANG, B.; DAI, D.; HUANG, J.; ZHOU, J.; GUI, Q.; DAI, F. Influence of physical and biological variability and solution methods in fruit and vegetable quality nondestructive inspection by using imaging and near-infrared spectroscopy techniques: A review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 58, n. 12, p. 2099-2118, 2018.

ZHANG, W.; LIU, X.; WANG, Q.; ZHANG, H.; LI, M.; SONG, B.; ZHAO, Z. Effects of potassium fertilization on potato starch physicochemical properties. **International journal of biological macromolecules**, v. 117, p. 467-472, 2018.

ZHANG, X.; WU, H.; CHEN, L.; LIU, L.; WAN, X. Maintenance of mesophyll potassium and regulation of plasma membrane H+-ATPase are associated with physiological responses of tea plants to drought and subsequent rehydration. **The Crop Journal**, v. 6, n. 6, p. 611-620, 2018.

ZHENG, H.; ZHANG, Q.; QUAN, J.; ZHENG, Q.; XI, W. Determination of sugars, organic acids, aroma components, and carotenoids in grapefruit pulps. **Food chemistry**, v. 205, p. 112-121, 2016.

ZÖRB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture status and perspectives. **Journal of plant physiology**, v. 171, n. 9, p. 656-669, 2014.