



KARINA MENDES BERTOLINO

**ANTECIPATION OF POTASSIUM FERTILIZATION DURING
THE CULTIVATION OF COVER CROPS, AIMING TO GROW
CORN IN SUCCESSION**

LAVRAS - MG

2023

KARINA MENDES BERTOLINO

**ANTECIPATION OF POTASSIUM FERTILIZATION DURING THE
CULTIVATION OF COVER CROPS, AIMING TO GROW CORN IN SUCCESSION**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, na área de concentração produção vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Prof (a). Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho

Orientadora

Dr. Fábio Aurélio Dias Martins

Coorientador

LAVRAS - MG

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Bertolino, Karina Mendes.

Antecipação da adubação potássica por ocasião do cultivo de plantas de cobertura, visando o cultivo do milho em sucessão / Karina Mendes Bertolino. - 2023.

62 p.

Orientador(a): Flávia Barbosa Silva Botelho.

Coorientador(a): Fábio Aurélio Dias Martins.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Milho Silagem. 2. Plantas de Cobertura. 3. Adubação Antecipada. I. Silva Botelho, Flávia Barbosa. II. Dias Martins, Fábio Aurélio. III. Título.

KARINA MENDES BERTOLINO

**ANTECIPATION OF POTASSIUM FERTILIZATION DURING THE
CULTIVATION OF COVER CROPS, AIMING TO GROW CORN IN SUCCESSION**

**ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA POR OCASIÃO DO CULTIVO DE
PLANTAS DE COBERTURA, VISANDO O CULTIVO DO MILHO EM SUCESSÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, na área de concentração produção vegetal para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 07 de dezembro de 2023.

Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho

Dr. Adenilson Henrique Gonçalves

Dr. Alexandre Alves de Carvalho

Dra. Aurinelza Batista Teixeira Condé

Dr. Fábio Aurélio Dias Martins

UFLA

UFLA

UFLA

EPAMIG

EPAMIG

Profa. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho
Orientadora

Dr. Fábio Aurélio Dias Martins
Coorientador

**LAVRAS - MG
2023**

AGRADECIMENTOS

À Deus que permitiu que tudo isso acontecesse ao longo de minha vida, que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Aos meu pais Rosimeire e Lucimar pelo apoio incondicional durante esses anos de curso.

Aos meus irmãos Ana Carolina e Carlos pelos momentos de distração.

À Gislei e família pela enorme hospitalidade, apoio e incentivo durante esses anos de curso e estadia em Lavras.

À Giuliana pela enorme amizade, incentivo de apoio para a condução e conclusão desse trabalho durante esses anos de curso.

Ao meu co-orientador Fábio Aurélio pela amizade, aconselhamentos, orientação e apoio durante a condução até conclusão desse trabalho.

Aos amigos e companheiros de trabalho Kamilly (Garnizé), Elias e Eduardo (Parazinho) pela enorme amizade e ajuda essencial durante a condução desse trabalho e aos momentos de distração e alegria.

Aos funcionários do Departamento de Agricultura em especial a Marli, sempre disposta em ajudar.

Aos funcionários do CDTT-UFLA em especial ao Vicente pela ajuda e na condução dos experimentos.

Ao meu ex-orientador Élberis e minha orientadora Flávia pela orientação paciência e disposição em ajudar.

Ao meu co-orientador estrangeiro James Jim Camberato, pela enorme contribuição durante a escrita e correção dessa tese.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de estudos concedida no Brasil e no exterior.

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade.

A todos que direta ou indiretamente concluíram para a conclusão desse curso.

RESUMO

Por possuir qualidade superior quando comparada as demais espécies, o milho é considerado uma das melhores plantas para ensilar. Contudo, quando o milho é destinado para silagem toda a parte aérea da planta é retirada da área, o que resulta na falta de ciclagem de nutrientes em especial o potássio (K) presente em grande quantidade nos restos vegetais. Diante disso, o objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de K aplicadas antecipadamente na planta de cobertura cultivada durante o outono/inverno em seus componentes de rendimento e na produtividade do milho silagem cultivado em sucessão. Em delineamento de blocos casualizados, na safra outono/inverno, as parcelas foram compostas por milheto (artigo 1) e braquiária ruziziensis (artigo 2) e seis doses de K (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg K₂O ha⁻¹) como cloreto de potássio (57% K₂O) além de um tratamento sob pousio. Na safra de verão, durante o cultivo do milho, foram aplicadas seis doses de K₂O complementares às doses aplicadas na safra outono/inverno totalizando 150 kg K₂O ha⁻¹ (120, 90, 60, 30, 0) e 0 kg K₂O ha⁻¹ para o tratamento que recebeu 150 kg K₂O ha⁻¹ durante o outono/inverno. Um tratamento adicional cultivado sob o pousio, que recebeu a dose de adubação recomendada (60 e 90 kg ha⁻¹ de K₂O no plantio e cobertura, respectivamente). Para as plantas de cobertura, avaliou-se a altura das plantas, os rendimentos de biomassa verde e seca e a cobertura do solo pela palhada. Para o milho silagem, foram avaliadas características agrônômicas, teor de nutrientes foliares e rendimentos de biomassa verde e seca. As doses de K aplicada antecipadamente não alteraram os componentes de rendimento das plantas de cobertura. Contudo a biomassa seca produzida foi suficiente para uma boa cobertura do solo. Quando cultivado após a braquiária ruziziensis, a adubação complementar de 90 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O, aumentou o diâmetro de espiga do milho em relação a adubação recomendada. A adubação potássica aplicada de forma antecipada no milheto e na braquiária ruziziensis cultivada no outono/inverno em solos com altos teores de potássio não altera o conteúdo de nutrientes presentes nas folhas e os componentes de produtividade do milho silagem cultivado em sucessão.

Palavras-chave: Potássio. *Pennisetum glaucum* L. *Urochloa ruziziensis*. Adubação antecipada.

ABSTRACT

Because it has superior quality when compared to other species, corn is considered one of the best plants for ensiling. However, when corn is destined for silage, the entire aerial part of the plant is removed from the area, which results in a lack of nutrient cycling, especially potassium (K), present in large quantities in plant remains. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of different doses of K applied in advance to the cover crop grown during fall/winter on its yield components and on the productivity of corn silage grown in succession. In a randomized block design, in the fall/winter harvest, the plots were composed of millet (paper 1) and brachiaria ruziziensis (paper 2) and six doses of K (0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg K₂O ha⁻¹) as potassium chloride (57% K₂O) in addition to a fallow treatment. In the summer harvest, during corn cultivation, six doses of K₂O were applied, complementary to the doses applied in the fall/winter harvest, totaling 150 kg K₂O ha⁻¹ (120, 90, 60, 30, 0) and 0 kg K₂O ha⁻¹ for the treatment that received 150 kg K₂O ha⁻¹ during fall/winter. An additional treatment cultivated under fallow, which received the recommended fertilizer dose (60 and 90 kg ha⁻¹ of K₂O in furrow and broadcasting, respectively). For cover crops, plant height, green and dry biomass yields and soil coverage by straw were evaluated. For corn silage, agronomic traits, leaf nutrient content and green and dry biomass yields were evaluated. The doses of K applied in advance did not change the yield components of the cover crops. However, the dry biomass produced was sufficient for good soil coverage. When cultivated after brachiaria ruziziensis, complementary fertilization of 90 and 120 kg ha⁻¹ of K₂O increased the corn ear diameter in relation to the recommended fertilization. Potassium fertilization applied in advance to millet and brachiaria ruziziensis cultivated in fall/winter in soils with high potassium content does not alter the nutrient content present in the leaves and the productivity components of corn silage grown in succession.

Key-words: Potassium. *Pennisetum glaucum* L. *Urochloa ruziziensis*. Early Fertilization.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	8
1	INTRODUÇÃO	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	Milho Silagem	10
2.2	Sucessão de culturas	11
2.3	Plantas de cobertura	11
2.4	Milheto (<i>Pennisetum glaucum</i> L.)	12
2.5	Braquiária ruziziensis (<i>Urochloa ruziziensis</i>)	13
2.5	Potássio e Adubação Potássica Antecipada	14
	REFERÊNCIAS	16
	SEGUNDA PARTE	21
	ARTIGO 1 - EARLY POTASSIUM FERTILIZATION DURING WINTER CULTIVATION AND ITS RESIDUAL EFFECT ON SILAGE MAIZE GROWN SEQUENTIALL	21
	ARTIGO 2 - EARLY POTASSIUM FERTILIZATION IN THE COVER CROP AND ITS RESIDUAL ON MAIZE SILAGE IN SUCCESSION ..	43

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é considerado uma das melhores plantas para ensilar devido a sua produtividade de massa seca e carboidratos, boa fermentação e valor nutricional considerado superior se comparado às demais silagens (SANTOS et al., 2018). Contudo, quando destinado para forragem, toda a planta é removida da área, ocasionando maior extração de nutrientes, como o potássio (K) presente em grandes quantidades em sua palhada (UENO et al., 2011; REZENDE et al., 2016).

O cultivo contínuo do milho silagem, principalmente em regiões de inverno seco, onde após a colheita os produtores mantêm o solo descoberto (MOREIRA et al., 2014), acarreta empobrecimento do solo e na redução da produtividade e qualidade da silagem em cultivos posteriores (COELHO, 2006; UENO et al., 2011). Além do aumento da infestação de plantas daninhas, que embora acumulem biomassa, não são eficientes em manter a cobertura do solo e a ciclagem de nutrientes (ASSIS et al., 2016).

A adoção da sucessão de culturas com plantas de cobertura é uma boa alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção. As plantas de cobertura são eficientes na produção de biomassa, promovem satisfatória cobertura do solo, reciclam nutrientes, além de reduzir as perdas por lixiviação, incrementando assim, as produtividades dos cultivos sem onerar os custos (WEST; RUAK; SHELLEY, 2020). O emprego de plantas de cobertura na rotação, consorciação e/ou sucessão de culturas também pode contribuir para o controle de plantas daninhas, seja pela barreira física, química ou até mesmo pelo sombreamento e competição impostos a estas espécies (CASTRO et al., 2011). Desse modo, na escolha da planta de cobertura a ser utilizada, a capacidade de absorção de nutrientes bem como a produção de biomassa e capacidade de cobertura do solo se tornam fatores de grande relevância.

Muito utilizado como planta de cobertura nas regiões do cerrado, o milheto (*Pennisetum glaucum* L.) possui boa adaptação a vários tipos de solos, sobretudo naqueles sob déficit hídrico e deficientes em nutrientes. É uma planta de crescimento rápido, de baixo custo de produção e alta capacidade de produção de biomassa (SILVA; FRANTONI; SCUDELETTI, 2015), com alta relação C/N, o que mantém o solo coberto por mais tempo, especialmente nos períodos de entressafra. O milheto é considerado uma planta recicladora de nutrientes, principalmente o K, o qual acumula em grande quantidade em seus tecidos (BOSSOLANI et al., 2018). Já a braquiária ruziziensis (*Uroclhoa ruziziensis*), por se manter em crescimento durante a estação

seca, também se destaca como planta de cobertura no cerrado (MACHADO; ASSIS, 2010). Assim como o milheto, a *U. ruziziensis* também possui rápido estabelecimento, grande produção de palhada e boa cobertura do solo (TIMOSSI; DURIGAN; LEITE, 2007), além de se apresentar como potencial recicladora de K (ROSOLEM et al., 2012).

Na adubação antecipada, a aplicação do fertilizante necessário para uma dada cultura é realizada parcialmente ou totalmente antes da semeadura da cultura principal. Tal prática é vantajosa pela economia gerada ao produtor em decorrência da redução das paradas para abastecimento das semeadoras, do uso de combustíveis, assim diminuição do tempo de semeio e menor movimentação de maquinário (MATOS; SALVI; MILAN, 2006). Tendo em vista a cultura de verão, a adubação potássica antecipada pode ser realizada nas plantas de cobertura cultivadas durante o outono/inverno, sem interferir na produtividade da cultura principal (SILVA; LAZARINI, 2014; CIBOTO et al., 2016). Contudo, as perdas ocasionadas por lixiviação, a adubação potássica antecipada realizada à lanço é recomendada de preferência para solos com textura argilosa e com teores médios a altos de K (SILVA; LAZARINI, 2014).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Milho Silagem

O milho (*Zea Mays* L.) é um cereal considerado versátil em termos de consumo e por possuir diversa utilização que vai desde seu consumo *in natura* à vários fins industriais, tem grande importância econômica e social para o agronegócio brasileiro e agricultura familiar (CHIEZA et al., 2017). No Brasil, o milho apresenta duas safras e está presente em todos os estados do país, que tem como destaque o Mato Grosso do Sul e Paraná como os maiores estados produtores. Atualmente o país é o terceiro produtor mundial e de acordo com os levantamentos realizados pela CONAB, na safra de 2022/2023 obteve uma produção de aproximadamente 132 milhões de toneladas do grão em uma área de aproximadamente 23 milhões de hectares (CONAB 2023).

Com uma produção de aproximadamente 7 milhões de toneladas em uma área de pouco mais de 1 milhão de hectares, o estado de Minas Gerais possui uma participação de 6,5% na produção nacional, se destacando como o quinto estado com a maior produção de milho. Visto como importante bacia leiteira, na região Sul do estado a cultura se destaca tanto para a produção de silagem quanto para a produção de grãos. No Sul de Minas a área colhida com a cultura do milho alcançou na safra de 2022/23 cerca de 198 mil hectares com uma produção de 1,3 milhões de toneladas, ocupando assim, a terceira posição entre as regiões produtoras do estado em produção total (SEAPA-MG, 2023).

Em países de clima tropical, o pasto é a forma mais barata de alimentação animal. Contudo, a degradação, a escassez e a perda dos valores nutricionais deste tipo de alimento nos períodos de estiagem resultam no baixo rendimento dos animais (COSTA et al., 2012). Desse modo, o fornecimento da silagem se torna uma opção, uma vez que permite a preservação do alimento sem perdas na qualidade durante todo o período de seca (CALIXTO JUNIOR et al., 2017, KLEIN et al., 2018).

Devido a simplicidade de cultivo, alta produtividade de matéria seca e qualidade da silagem produzida, o milho se destaca dentre as gramíneas utilizadas para a ensilagem (SILVA et al., 1999). A silagem de planta inteira é a forma de silagem de milho mais conhecida e utilizada pelos produtores. Neste tipo de silagem a planta é cortada rente ao solo quando a mesma se encontra no momento adequado para ensilar (D'OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2014). Porém a produção de silagem de planta inteira acarreta em remoção de grandes quantidades de nutrientes das áreas cultivadas, sobretudo de potássio (K). Dessa forma, com o passar dos anos

e repetidos cultivos numa mesma área, sem o manejo nutricional adequado, esgota-se as reservas de nutrientes no solo, resultando assim em redução de produtividade dos cultivos subsequentes (REZENDE et al., 2016).

2.2 Sucessão de culturas

A sucessão de culturas é definida como o estabelecimento em sequência de duas ou mais espécies de plantas em uma mesma área de cultivo, em período igual ou inferior a um ano (LOURENÇO JUNIOR; LOPES; REIS, 2016). Essa prática é essencial em especial para as áreas de milho silagem, onde não há presença remanescente de restos culturais no solo, resultando na falta de reciclagem de nutrientes, baixos níveis de matéria orgânica e acarretando no esgotamento dos solos (ALLEN; COORS; ROTH, 2003).

O cultivo de uma mesma espécie de planta sucessivamente em uma mesma área de cultivo pode causar danos a qualidade do solo e favorecer a incidência e severidade do ataque de patógenos. Assim, a rotação e a sucessão de culturas utilizando diferentes espécies de plantas é de suma importância para o agroecossistema, não somente gerando favoráveis à qualidade química, física e biológica dos solos, mas também no que diz respeito ao ganho em sanidade de cultivos posteriores (LOURENÇO JUNIOR; LOPES; REIS, 2016).

A sucessão de culturas com plantas de cobertura mostra-se uma boa alternativa para as áreas de cultivo de milho silagem sobretudo no Brasil Central. Nessas regiões as condições climáticas com quase ausência total de chuvas durante o outono/inverno dificultam a existência de cultivos durante esta época (MOREIRA et al., 2014). Neste sentido, é necessário a adoção de plantas de cobertura que tenham como principal característica boa produção de fitomassa e cobertura do solo, rápido desenvolvimento inicial e a resistência a déficits hídricos (CRUZ et al., 2006).

2.3 Plantas de cobertura

Plantas de cobertura e/ou adubos verdes são aquelas plantas utilizadas com o objetivo de produzir biomassa para a manutenção de seus resíduos como cobertura na superfície solo e ciclagem de nutrientes (ANDRIOLE; PRADO, 2012). Desse modo, existem diversas espécies de plantas de cobertura disponíveis (gramíneas, leguminosas, crucíferas, dentre outras) que possuem características distintas capazes de melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos

do solo, e conseqüentemente possibilitando melhor rendimento dos cultivos em sucessão (MATEUS, WUTKE, 2006).

O cultivo de plantas de cobertura proporciona inúmeros benefícios, dos quais podemos citar: redução dos processos erosivos do solo causando pelos impactos das gotas de chuva em função da proteção gerada pela deposição da fitomassa na superfície, conservação da umidade e favorecimento da infiltração da água no solo, além da reciclagem de nutrientes (BRUNO et al., 2017). Podemos citar ainda a redução da amplitude térmica, o acréscimo da matéria orgânica, a menor utilização de combustíveis fósseis, além da supressão das plantas daninhas (BORGES; FREITAS; MATHEUS, 2013). As plantas de cobertura também podem minimizar problemas fitossanitários nos cultivos em sucessão, quebrando ciclos e impedindo a multiplicação de bactérias e fungos fitopatogênicos, de fitonematóides e de insetos praga (BORGIANI; FERREIRA, 2017).

Devido a inúmeras vantagens proporcionadas ao sistema produtivo, torna-se necessário o manejo correto, assim como a escolha adequada das espécies de plantas de cobertura que serão adotadas. Dessa forma, é importante que dentre as características desejadas para estas plantas estejam elencadas: o fácil estabelecimento, o rápido crescimento e tolerância a regiões com déficit hídrico, o rápido desenvolvimento e a alta produtividade de biomassa seca que proporcione boa cobertura do solo e auxilie no controle de plantas daninhas. É importante que a planta utilizada não seja hospedeira de pragas, doenças e nematoides, tenha simples manejo e facilidade na dessecação com herbicida a fim de não se tornar uma espécie invasora nos cultivos em sucessão (BORGIANI; FERREIRA, 2017).

Das espécies de plantas de cobertura disponíveis, as gramíneas estão entre as utilizadas com maior frequência. As gramíneas apresentam alta relação C/N, e em função desta característica, a decomposição de seus restos culturais ocorre de maneira mais lenta, proporcionando uma cobertura do solo mais duradoura (RODRIGUES et al., 2012) e liberação gradativa de nutrientes. Outra vantagem das gramíneas é a elevada produção de biomassa se comparada as leguminosas (BOER et al., 2007).

2.4 Milheto (*Pennisetum glaucum* L.)

O milheto (*Pennisetum glaucum* L.) é uma gramínea C4, originária da África, anual de verão, de fácil instalação, manejo e produção de sementes. É uma planta tolerante ao déficit hídrico e a solos com baixa fertilidade. Seu sistema radicular é abundante e vigoroso, embora sua maior parte se concentre nos primeiros 10 cm de solo (FERREIRA et al., 2016). Possui

satisfatória produção de biomassa seca (de 5.000 a 15.000 kg ha⁻¹) e cobertura do solo (BOGIANI; FERREIRA, 2017), e colmos que podem superar os 3,0 metros de altura, suas folhas são paralelinérveas e a inflorescência é do tipo panícula longa e contraída (EMBRAPA, 2022).

O milheto é uma planta forrageira com bom desenvolvimento em condições adversas e boa capacidade de perfilhamento, o que garante satisfatória cobertura do solo. O cultivo do milheto tem se expandido para as regiões do cerrado, onde tem sido amplamente empregada como planta de cobertura para o sistema de plantio direto (SILVA; FRANTONI; SCUDELETTI, 2015). Embora seja uma planta de verão, que necessita de calor para sua germinação e estabelecimento, quando comparada ao milho e sorgo, o milheto é uma alternativa potencialmente viável para produção de biomassa para cobertura do solo também no outono-inverno. Contudo é necessário ter em mente que o milheto é uma planta de dias curtos, e o atraso na semeadura proporcionaria seu florescimento precoce (EMBRAPA, 2022).

Pela sua eficiência na produção de biomassa e cobertura do solo, o milheto é, portanto, uma planta conhecida como recicladora de nutrientes como o potássio (K), o enxofre (S) e fósforo (P) contribuindo, dessa forma, com a economia de adubações nas culturas cultivadas em sequência (BRANCALIÃO, 2004). A palhada produzida pelo milheto também possui alta relação C/N garantindo lenta decomposição de seus tecidos, o que mantém o solo coberto por maior período de tempo (TORRES; PEREIRA, 2014).

2.5 Braquiária ruzizensis (*Urochloa ruzizensis*)

A Braquiária ruzizensis (*Urochloa ruzizensis*) é uma gramínea perene de crescimento rápido que se desenvolve em forma de touceiras possibilitando se corretamente manejada, boa cobertura do solo. Sua parte aérea pode alcançar até 1 metro de altura, com raízes que ultrapassam 2 metros de profundidade, sendo a maioria delas encontradas nos primeiros 20 centímetros de solo (BOGIANI; FERREIRA, 2017). Suas folhas possuem aspecto macio e aveludado devido à quantidade de pelos presentes (FERREIRA et al., 2016).

A Braquiária ruzizensis possui boa adaptabilidade em solos de média e alta fertilidade, tolera sombreamento, e pode produzir mais de 12.000 kg ha⁻¹ de matéria seca quando cultivada em consórcio com o milho no sistema Santa Fé, no qual se baseia no uso de gramíneas forrageiras tropicais consorciadas com cultivos anuais sob plantio direto ou convencional (ALMEIDA et al., 2019). Contudo, é pouco tolerante a seca e ao encharcamento, além da baixa

capacidade de rebrota e é susceptível à cigarrinha das pastagens (FERREIRA et al., 2016). Devido a satisfatória cobertura do solo, sua rusticidade e fácil manejo de dessecação tem se tornado uma ótima opção de planta de cobertura para o sistema de plantio direto (BOGIANI; FERREIRA, 2017). Além disso a Braquiária ruziziensis possui a grande capacidade de extração de K dos solos, sobretudo formas não-trocáveis, disponibilizando-o posteriormente durante a decomposição das plantas sob a forma prontamente disponível para as plantas (ROSOLEM et al., 2012).

2.5 Potássio e Adubação Potássica Antecipada

Após o nitrogênio, o potássio (K) é o segundo nutriente mais requerido pelas plantas. Este nutriente apresenta em qualquer quantidade, alta mobilidade dentro da planta, seja dentro das células, nos seus vasos condutores ou seus tecidos (ROSOLEM et al., 2006). Na planta, o K é encontrado na forma iônica, sem participar de nenhuma estrutura ou molécula orgânica (KURIHARA; HERNANI, 2011). Contudo está relacionado indiretamente a fotossíntese, à translocação dos assimilados para as folhas e a ativação de enzimas (FIGUEIREDO et al., 2008). O K também desempenha um papel fundamental na abertura e fechamento dos estômatos limitando assim, a perda de água pela planta (ZORB; SENBAYRAM; PEITER, 2013).

O K que está presente no solo é formado pelo K da solução, K trocável e não trocável (fixado) e o K estrutural. As plantas absorvem o K da solução do solo e dos sítios de troca dos coloides, estes por sua vez, estão em equilíbrio com o K não trocável e estrutural dos minerais (SPARKS, HUANG, 1985). O K contido na solução do solo é aquele trocável, são as formas do nutriente consideradas prontamente disponíveis às plantas. As demais formas encontradas (estrutural e não trocável) constituem a reserva de K dos solos, consideradas muito baixa em solos de regiões tropicais onde ocorre o predomínio de minerais de argila 1:1 (FARIA et al., 2012). Assim, o K total do solo é representado pelo somatório de todas as formas de K de um determinado solo, o que varia de solo para solo, com o material de origem, composição mineralógica e grau de intemperismo (ERNANE; ALMEIDA; SANTOS, 2007). Dessa forma, para o manejo correto da adubação potássica se torna necessário o conhecimento das formas de K disponíveis às plantas e sua influência na dinâmica de K presente no perfil do solo (ROSOLEM, VICENTINI; STEINER, 2012).

Quando deixadas sobre o solo ou incorporadas a este, a parte aérea das plantas podem ser considerada uma importante fonte de nutrientes, sobretudo para os cultivos em sucessão. Por estar presente nos tecidos vegetais em sua forma iônica, o K presente na palhada depositada

sobre o solo pode ser rapidamente mineralizado (ROSOLEM et al., 2006). De forma complementar à adubação mineral, o cultivo de plantas de cobertura na entressafra pode contribuir através da ciclagem, no aumento da disponibilidade de nutrientes nas camadas superficiais, principalmente em áreas cultivadas com milho silagem, onde grande parte do material vegetal produzido é exportado da lavoura.

No que se refere a extração de nutrientes, do total do K extraído pelo milho silagem, cerca de 30% são translocados para os grãos, sendo que o restante permanece nos restos culturais (COELHO, 2006). Sendo assim, o fornecimento adequado de K ao sistema de produção de milho silagem se torna um desafio dado que, na presença de grande disponibilidade do nutriente ocorre o consumo de luxo resultando em exportação acentuada pela cultura (RESENDE et al., 2016). Já a deficiência do nutriente em milho causa alguns danos que refletem na queda da produtividade como a queima das bordas das folhas (iniciando pelas folhas mais velhas), desenvolvimento insuficiente das raízes, o não preenchimento das espigas e o acamamento de plantas (PRAJAPATI; MODI, 2012). Deve destacar também, que a falta de reposição do nutriente no solo causa o esgotamento deste, o que compromete o desenvolvimento das culturas no decorrer das épocas de cultivo (FARIA et al., 2012).

A adubação antecipada consiste na aplicação total ou parcial de fertilizantes fosfatados ou potássicos requeridos por uma cultura de verão na cultura cultivada anteriormente, ou seja, no outono/inverno. A aplicação pode ser realizada a lanço em superfície ou no momento da semeadura antecessora (KURUHARA; HERNANI, 2011). A adubação realizada de forma antecipada se torna vantajosa, uma vez que resultam em menor tempo de parada para abastecimento da semeadora, reduzindo assim o custo e aumentando o rendimento operacional (TIMOSSI et al., 2016). Contudo, na adubação potássica aplicada totalmente de forma antecipada, deve-se levar em consideração o tipo de solo em que será realizada, uma vez que o K pode se perder facilmente por lixiviação influenciando assim, no aproveitamento esperado (SILVA; LAZARINI, 2014).

Dentre os fertilizantes disponíveis no mercado, o cloreto de potássio (KCl) é o mais utilizado como fonte de K, por possuir alta solubilidade em água e seus íons K^+ possuem alta mobilidade no sistema (BOSSOLANI et al., 2018), além da alta porcentagem de K_2O (60-63%). O Cloreto de potássio pode ser aplicado tanto a lanço em área total como na linha ou sulco de plantio próximo as sementes (MURRELL et al., 2021). Entretanto, na adoção desse fertilizante, deve-se atentar ao seu índice salino, uma vez que doses superiores a 60 kg ha^{-1} aplicada no sulco de plantio, pode causar danos a sementes (SILVA; LAZARINI, 2014).

REFERÊNCIAS

- ALLEN, M.S.; COORS, J.G.; ROTH, G.W. Corn silage. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). *Silage Science and Technology*. Madison: USA, 2003. p.547-608.
- ANDRIOLI, I.; PRADO, R.M. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivado com milho em sistema de plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.3, p. 963-978, 2012.
- ASSIS, R. L.; BOER, C. A.; PACHECO, L. P.; BRAZ, A. J. B. P.; COSTA, K. A. P.; TORRES, J. L. R. Produção e decomposição de biomassa de plantas de cobertura cultivadas na primavera. **Revista Energia na Agricultura**, v. 31, n.4, p. 328-333, 2016.
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42. n.9, p. 1269-1276, 2007.
- BOGIANI, J. C.; FERREIRA, A. C. B. Plantas de cobertura no sistema soja-milho-algodão no cerrado. **Informações agronômicas**, Piracicaba, SP, n. 160, 15p., dezembro de 2017.
- BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S.; MATEUS, G. P. Plantas de cobertura e controle de plantas daninhas. **Pesquisa & Tecnologia**, v.10, n. 1, p.1-5, 2013.
- BOSSOLANI, J. W.; LAZARINI, E.; SOUZA, L. G. M.; PERENTE, T. L.; CAIONI, S.; BIAZI, N. Q. Potassium doses in previous crops and effect on soybean in succession. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 90-94, 2018.
- BRANCALIÃO, S. R. O milheto no sistema de plantio direto. *Informações Técnicas. O Agrônomo*, Campinas, v.52, n.2, p.28-30, 2004.
- BRUN, C. L. S.; COSTA, L. H. M.; MONTALLI, M. H.; CARVALHO, J. P.; SILVA, R. A. Plantas de cobertura para a sistema de plantio direto. **Revista Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v.14, n.1, 2017.
- BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Ed.). *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. Brasília, DF: Embrapa, 2019.
- CALIXTO JUNIOR, M. C.; JOBIM, C. C.; OSMARI, M. P.; TRES, T. T. Nutritional additives in high moisture corn silage. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n.1, p. 105-111, 2017.
- CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Sistemas de produção de grãos e incidência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, p. 1001-1010, 2011.
- CHIEZA, E. D.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E. S.; ESPÍNDOLA, J. A.; FERNANDES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciados com *Crotalaria juncea* L. em

diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.2, p.189-196, 2017.

CIBOTTO, D. V.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N.; MEERT, L.; BOTTEGA, E. L.; LEAL, G. B. Produtividade da soja com antecipação da adubação potássica nas culturas da aveia preta, canola e trigo. **Revista Campo Digital**, v.11, n.1, p.25-32, 2016.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. **Circular Técnica**, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, n. 78, 10 p., dezembro de 2006

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento – 12 levantamento safra 2022/2023, disponível em: <file:///C:/Users/Karina/Pictures/Downloads/E-book_BoletimZdeZSafras-12_levantamento.pdf>, acesso em 02/10/2023.

COSTA, M. P.; VILLELA, S. D. J.; LEONEL, F. P.; ARAÚJO, S. A. C.; ARAÚJO, K. G.; RUAS, J. R. M.; COELHO, F. S.; ANDRADE, R. A. Intercropping of corn, brachiaria grass and leguminous plants: productivity, quality, and composition of silages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.10, p. 2144-2149, 2012.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.P.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M., VIANA, J. H.; OLEIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. Manejo da cultura do milho em sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.27, n. 233, p. 42-53, 2006.

D'OLIVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, J. S. Produção de silagem de milho para suplementação do rebanho leiteiro. **Comunicado Técnico**, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG, n. 74,10 p., julho de 2014.

EMBRAPA, Empresa de Pesquisa Agropecuária. Árvore do conhecimento: Milho. Exigências Nutricionais da Planta. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_46_168200511159.html> Acesso em: 2022.

EMBRAPA, Empresa de Pesquisa Agropecuária. Cultivo do Milheto. Sistema de Produção Embrapa disponível em <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaoalf6_lgalceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=8101&p_r_p_-996514994_topicoId=1309#:~:text=O%20milheto%20pode%20ser%20semeado,de%20calc%C3%A1rio%20ou%20por%20avi%C3%A3o> acesso em: 03/02/2022.

ERNANE, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. X Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo, SCBS, 1ed. Viçosa, 2007, cap 5, p.551-589.

FARIA, A. F; ALVAREZ, V. V. H.; MATTIELLO, E. M.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; PAIVA, H. N. Capacidade de suprimento de potássio em solos de Minas Gerais-Brasil. **Spanish Journal of Soil Science**, v.2, n.1, p. 26-37, 2012.

FERREIRA, A. C. B.; BOGIANI, J. C.; SOFIATTI, V.; LAMAS, F. M. Sistema de cultivo de plantas de cobertura para a semeadura direta do algodoeiro. **Comunicado Técnico**, Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, n. 377, 15p., dezembro de 2016

FIGUEIREDO, M. A.; PASQUAL, M.; ARAUJO, A. G.; JUNQUEIRA, K. J.; SANTOS, F. C.; RODRIGUES, V. A. Fontes de potássio no crescimento in vitro de plantas orquídea *Cattleya loddigesii*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.1, p. 255-257, 2008.

KLEIN, J. L.; VIANA, A. F. P.; MARTINI, P. M.; ADAMS, S. M.; GUZZATTO, C.; BONA, R. A.; RODRIGUES, L. S.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L. Desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem da planta inteira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.1, p. 101-110, 2018.

KURIHARA, C. H., HERNANI, L.C. Adubação antecipada no sistema de plantio direto. **Documentos**, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, n. 108, 48p., agosto de 2011.

LOURENÇO JUNIOR. V.L.; LOPES, C.A.; REIS, A. Rotação e sucessão de culturas em hortaliças cultivadas em pequenas áreas no manejo de doenças. **Circular Técnica**, Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, n.152, 10p., maio de 2016.

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes sem sucessão à soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 4, p.415-422, 2010.

MATEUS, G.P.; WUTKE, E.B. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 3, n.1, p.1-15, 2006.

MATOS, M. A.; SALVI, J. V.; MILAN, M. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p. 493-501, 2006.

MOREIRA, S. G.; LOPP, R. M., LIMA, C.G.; MARUCCI, R.C., REZENDE, A.V.; BORGES, I. D. Massa seca e macronutrientes acumulados em plantas de milho cultivados sob diferentes espécies de cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p. 2018-231, 2014.

MURRELL, T. S., MIKKELSEN, R. L., SULEWSKI, G., NORTON, R., & THOMPSON, M. L. Improving Potassium Recommendations for Agricultural Crops. Springer Nature. In: MIKKELSEN, R. L.; ROBERTS, T. L. Potassium sources for agricultural systems, eBook, 2021, cap. 2, p. 47-73.

PRAJAPATI, K.; MODI, H. A. The importance of potassium in plant growth – A review. **Indian Journal of Plant Sciences**, v.1, n. 2-3, p. 177-186, 2012.

RESENTE, A.V.; GUTIÉRREZ, A. M.; SILVA, C. G. M.; ALMEIDA, G. O.; GUIMARÃES, P. E. O.; MOREIRA, S. G.; NETO, M. M. G. Requerimentos nutricionais do milho para produção de silagem. **Circular Técnica**, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, n. 21, 12p., dezembro de 2016.

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. C. B.; PINA, T. P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivos e consorciados. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.3, p. 380-385, 2012.

ROSOLÉM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S.S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.6, p. 1033-1040, 2006.

ROSOLEM, C. A.; VICENTINI, J. P. T. M. M.; STEINER, F. Suprimento do potássio em função da adubação potássica residual em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.5, p. 1507-1515, 2012.

SANTOS, S. L. L.; DAMACENO, Y. R. P.; CÂMARA, F. T.; SILVA, T. I.; ALCÂNTRA, P. B.; SOUZA, B. A. S. Milho (*Zea Mays*) para forragem: métodos de manejo de plantas daninhas e níveis de adubação. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.7, n.1, p.32-50, 2018.

SEAPA-MG, Secretaria e Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. Disponível em < <https://www.mg.gov.br/agricultura/documento/milho-0>>. Acesso em 04/10/2023.

SILVA, A. F.; LAZARINI, E. Doses e épocas de aplicação na cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p. 179-192, 2014.

SILVA, D. P.; FRANTONI, F.; SCUDELETTI, D. Análise biométrica em diferentes fontes de nitrogênio na cultura do milho BRS1501 (*Pennisetum glaucum*). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, n.27, p.114-130, 2015.

SILVA, D. P.; FRANTONI, F.; SCUDELETTI, D. Análise biométrica em diferentes fontes de nitrogênio na cultura do milho BRS1501 (*Pennisetum glaucum*). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, n.27, p. 114-130, 2015.

SILVA, F. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; CORRÊA, C. E. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BRITO, A. F.; MOURÃO, G. B. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo + folhas/panícula. 2. Avaliação do valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p. 21-29, 1999.

SPARKS, D.L. & HUANG, P.M. Physical chemistry of soil potassium. In: MUNSON, R.D., ed. Potassium in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1985. p. 201- 276. TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G.J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema de plantio direto. **Revista Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p. 617-622, 2007.

TIMOSSI, P. C.; SILVA JUNIOR, H. R.; LIMA, S. F.; CASTRO, R.; ALMEIDA, D. P. Adubação antecipada com fertilizantes orgânico e mineral associado à crotalaria na cultura do milho. **Revista Brasileira e Milho e Sorgo**, v.15, n.3, p. 499-508, 2016.

UENO, R. K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; BASI, S.; ROSÁRIO, J. G. Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.4, n.1, p.182-203, 2011.

WEST, J. R.; RUARK, M. D.; SHELLEY, K. B. Sustainable intensification of corn silage cropping systems with winter rye. **Agronomy for Sustainable Development**, v.40, n.2, p.1-12, 2020.

ZORB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture – Status and perspectives. **Journal of Plant Physiology** v. 171, p. 656-669, 2013.

SEGUNDA PARTE

Artigo formatado conforme as normas da Revista Brasileira de Milho e Sorgo (versão publicada).

ARTIGO 1 - EARLY POTASSIUM FERTILIZATION DURING FALL/WINTER CULTIVATION AND ITS RESIDUAL EFFECT ON SILAGE MAIZE GROWN SEQUENTIALLY

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the effect of an early application of potassium (K) fertilizer on pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) grown during fall/winter on its yield components and the performance of maize (*Zea mays* L.) silage grown in succession. Using a randomized block design, in the fall/winter harvest, the plots were composed of millet and six doses of K (0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg K₂O ha⁻¹) as muriate of potash (57% K₂O) in addition to fallow. In the summer harvest, during the cultivation of maize, six doses of K₂O were applied complementary to the doses applied in the autumn/winter harvest to total 150 kg K₂O ha⁻¹ (120, 90, 60, 30, 0) and 0 kg K₂O ha⁻¹ to the plot that received 150 kg K₂O ha⁻¹ in the fall/winter. An additional treatment that was planted to receive the recommended fertilization amount (60 and 90 kg ha⁻¹ of K₂O for planting and broadcasting, respectively). For the millet, was evaluated plant height, green and dry biomass yields, and soil cover at 30, 60, 90 and 120 days after harvest. For maize, agronomic traits, leaf nutrient content and green and dry biomass yields were evaluated. The early application of K fertilizer did not alter the yield components of millet and silage maize. However, the straw produced by the millet was efficient at promoting soil cover in the off-season.

Indexing Terms: millet, potassium, cover crops, *Zea mays*, *Pennisetum glaucum*.

ADUBAÇÃO POTÁSSICA ANTECIPADA POR OCASIÃO DO CULTIVO DE OUTONO/INVERNO E SEU EFEITO RESIDUAL NO MILHO SILAGEM CULTIVADO EM SEQUÊNCIA

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação antecipada de fertilizante potássico (K) em milheto (*Pennisetum glaucum* L.) cultivado no outono/inverno sobre seus componentes de rendimento e o desempenho da silagem de milho (*Zea mays* L.) cultivada em sucessão. Em delineamento de blocos casualizados, na safra outono/inverno, as parcelas foram compostas por milheto e seis doses de K (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg K₂O ha⁻¹) como cloreto de potássio (57% K₂O) além de pousio. Na safra de verão, durante o cultivo do milho, foram aplicadas seis doses de K₂O complementares às doses aplicadas na safra outono/inverno totalizando 150 kg K₂O ha⁻¹ (120, 90, 60, 30, 0) e 0 kg K₂O ha⁻¹ para as parcelas que receberam 150 kg K₂O ha⁻¹ durante o outono/inverno. Um tratamento adicional recebeu a quantidade de adubação recomendada (60 e 90 kg ha⁻¹ de K₂O para plantio e adubação, respectivamente). Para o milheto, avaliou-se a altura das plantas, os rendimentos de biomassa verde e seca e a cobertura do solo aos 30, 60, 90 e 120 dias após a colheita. Para o milho, foram avaliadas características agronômicas, teor de nutrientes foliares e rendimentos de biomassa verde e seca. A aplicação precoce do fertilizante K não alterou os componentes de rendimento do milheto e do milho para silagem. No entanto, a palha produzida pelo milheto foi eficiente em promover a cobertura do solo na entressafra.

Palavras Chave: milheto, potássio, plantas de cobertura, *Zea mays*, *Pennisetum glaucum*.

Introduction

Maize (*Zea mays* L.) is a cereal of great economic and social importance that is widely cultivated in Brazil. It is considered versatile in terms of consumption, as it is used both for human and animal food (Chieza et al., 2017). Maize stands out among the grasses used for ensiling mainly due to its characteristics, such as high carbohydrate contents, good dry matter yield and wide tolerance of different climatic conditions (Lempp et al., 2000). However, in the harvest of silage maize, most aboveground biomass is removed, resulting in increased extraction of nutrients, such as K, which is

present in large quantities in plant tissues (Ambrosini et al., 2022). In addition, the consequent exposed soil is vulnerable to different erosion processes.

Potassium (along with N and P) are the essential nutrients most often deficient in soil and are frequently added as fertilizer to increase crop productivity (Dhillon et al., 2019). Plant K and N contents are similar in magnitude and the greatest mass of any nutrients obtained from the soil. About 67% of the K in the maize maturity is in the stover, thus silage systems which remove the stalk and leaves as well as grain greatly increase the removal of K from the soil, compared to only grain harvest (Bender et al., 2013). Soil solution and exchangeable K are the nutrient forms considered readily available to plants, whereas other forms of K (such as mineral K and K in the interlayer of 2:1 clay minerals) constitute the K reserve of soils (Dhillon et al., 2019).

Cover crops grown in succession with silage maize may have several benefits. In addition to promoting soil cover in the off-season, cover crops participate in nutrient cycling, reduce erosion losses and increase crop productivity (Paye et al., 2022). However, in regions where climatic conditions result in a significant reduction in rainfall in the winter making it difficult to grow crops during this time of year (Moreira et al., 2014), correctly selecting the cover plant species is important, and the climatic conditions and type of soil need to be considered carefully (Costa et al., 2015).

Due to its potential biomass production capacity in Cerrado soils, millet is an important cover crop species (Silva & Lazanini, 2014). Millet has advantages such as tolerance to soils with low nutrient contents and water deficits (Assis et al., 2017), rapid growth and establishment and high nutrient extraction capacity such as of K (Bossolani et al., 2018) mainly due to its vigorous root system (Geraldo et al., 2002). Brazilian pearl millet cultivars, such as BRS 1501, have good biomass production, even when cultivated during the dry season, and also respond well to fertilization and benefit from fertilizer applied to the previous crop (Geraldo et al., 2002).

Early fertilization involves applying the total or a partial amount of the fertilizer required for a crop before sowing. This practice reduces the downtime for sowing since a portion of the fertilizer has already been applied in advance, reducing operating costs and increasing farmer profit (Echer et al., 2020). When targeting the summer crop, early fertilization is performed during the previous crop and can be applied by broadcasting or in-furrow (Francisco et al., 2007). However, in soils with high K levels and a clayey texture, there are no gains in crop productivity when this type of fertilization is performed, and in soils with a medium to sandy texture and a low cation exchange capacity and, K losses by leaching can occur with high rainfall (Lange et al., 2019).

The objective of this study was to evaluate the effect of the different doses of K fertilization early applied at the time of millet cultivation on the millet parameters and the yield of silage maize grown in succession under complementary K fertilization applied previously.

Materials and Methods

Field conditions and treatment applications

The experiment was conducted after maize harvest in the winter (April) of 2020 and continued through the summer maize harvest (April) of 2020/2021 at the Development and Transfer and Technology Center of the Federal University of Lavras (21°10'S and 44°55'O) in Ijaci, MG, Brazil. The climate of this region is humid temperate, with hot and humid summers and dry and cold winters, an average annual temperature of 19.4 °C, and an average annual rainfall of 1,530 mm. Precipitation and temperature during the experiment are shown in Figure 1.

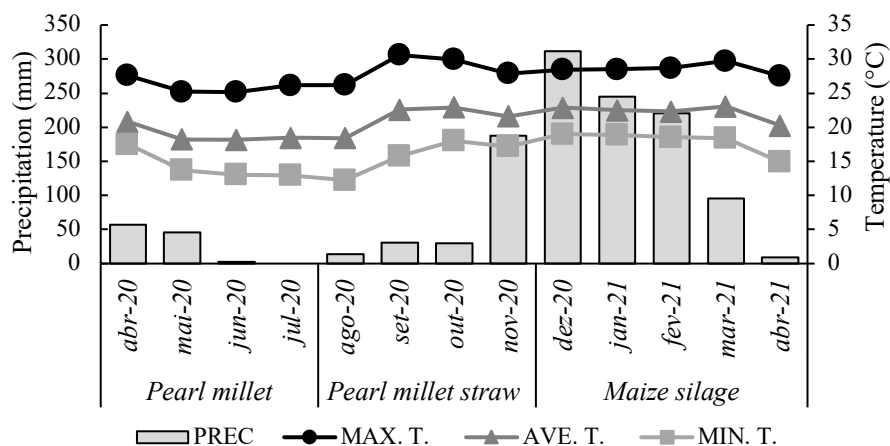


Figure 1. Accumulated precipitation (PREC) and maximum (MAX. T.), mean (AVE. T) and minimum (MIN. T.) temperatures from April 2020 to April 2021 in the municipality of Ijaci, in the state of Minas Gerais, Brazil.

The soil was classified as dystrophic red yellow Latosol (Santos et al., 2018). Analysis of the 0-20 cm soil layer at the beginning of the experiment was: pH H₂O: 6.9; Ca²⁺: 3.2 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺: 0.60 cmol_c dm⁻³; Al: 0 cmol_c dm⁻³; H+Al: 1.8 cmol_c dm⁻³; effective CEC (t): 4.2 cmol_c dm⁻³; CEC at pH 7: 6.0 cmol_c dm⁻³; P (Rem): 17.9 mg dm⁻³; K⁺: 142 mg dm⁻³; base saturation: 70%; OM: 2.4%; clay: 64%; silt: 5%; and sand: 31%.

After harvest of maize in April 2020 the soil was prepared for millet planting with two harrows and then the furrows were opened with a furrower. Twenty kg N ha⁻¹ and 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ were applied as monoammonium phosphate (10% N, 50% P₂O₅) before planting. Millet (cultivar BRS 1501) was sown by hand at 15 kg seed ha⁻¹ in April 2020 to 6 of 7 treatment plots in each replication – one plot per replication was left fallow. Each plot totalled 12.5 m², consisting of five-m-long planting rows spaced 0.25 m apart and were arranged in a randomized complete block with four replications. Forty-seven days after sowing millet, six treatment rates of K (0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg K₂O ha⁻¹) as muriate of potash (57% K₂O) were broadcasted applied to the plots planted to millet (Table 1). Eventually, the total amount of K applied to millet and the subsequent maize crop would total 150 kg K₂O ha⁻¹ for each of these treatments. At this time, 60 kg N ha⁻¹ was broadcast as urea (46% N) to planted plots. Potassium and N were not applied to the fallow treatment.

At 100 days after sowing (July 2020), when the millet reached 50% flowering, the millet plants were cut close to the ground with a backpack brush-cutter and then the residues were evenly distributed within each plot. To eliminate weeds that were present and resprouting of millet from the stubble, all plots were sprayed with glyphosate at 2.00 kg a.i. ha⁻¹.

Maize (R9080 PRO 2 hybrid) was sown December 2020 at 60,000 seeds ha⁻¹ with a no-till planter equipped with a coulter that placed 350 kg ha⁻¹ of monoammonium phosphate (10% N, 50% P₂O₅) 5 cm below and to the side of the seed. Immediately after maize sowing, 30 kg K₂O ha⁻¹ was manually broadcast on the soil surface by hand for all but 2 treatments, - the treatment that had previously received 150 kg K₂O ha⁻¹ applied to the millet and the fallow treatment. Additional K was applied at V4 at rates to total 150 kg K₂O ha⁻¹ (including the different rates of K₂O applied to millet and 30 kg K₂O ha⁻¹ at maize sowing), was applied to the plots that received K when sown to millet (Table 1).

The treatment without a millet cover crop (fallow) received the standard recommendation for maize - 60 and 90 kg K₂O ha⁻¹ broadcast at sowing and at V4, respectively (Souza and Lobato, 2004). Also, at V4, 180 kg N ha⁻¹ as urea (46% N), glyphosate (2.00 kg ai ha⁻¹), and atrazine (1.25 kg ai ha⁻¹) were broadcast applied to all plots. Maize at growth stage R5 was harvested for ensiling April 2021 (112 days after sowing).

Plant measurements

Millet parameters were determined July 2020 from the center of each plot. Plant height from the soil surface to the apex of the panicle was determined for 10 randomly selected plants. Whole plants were collected from 1 m² and wet weight determined. A 500 g subsample of entire plant was weighed after drying in a forced-air oven at 65 °C until constant weight. Wet and dry biomass were extrapolated to t ha⁻¹.

The area of soil covered by millet residues was determined on the day of harvest and 30, 60, 90 and 120 days later. A 0.5 m-square wooden frame with string spaced at 0.05 m to create 0.05 m squares was used to estimate percent residue cover at 5 locations in the middle of each plot (Alvarenga, 1993).

At maize growth stage R1, 10 plants were randomly chosen from the center of each plot for determination of plant height from the soil level to the insertion of the flag leaf node; height of ear insertion, taken from the ground level to the insertion of the first ear; length of the ear with husk diameter of the ear, measured in the middle third of each ear; stem diameter, measured in the middle region of the stem after the second node; and average ears per plant. The leaf below and opposite the ear at R1 was collected from 10 plants in the center of each plot. Tissue samples were dried in a forced-air oven at 65°C and ground in a Wiley mill to pass a 20 mm mesh screen. Nitrogen, P, K, Ca, Mg, and S were determined according to methods outlined by Malavolta et al. (1997).

All plants were harvested at the R5 growth stage from the center of each plot (6 m²) beginning at a height of 0.2 m above the soil surface and weighed for estimate of green biomass. After grinding the maize plants with a forage harvester, homogenized samples of ~900 g were dried in a forced-air oven at 65 °C to constant weight and then re-weighed.

Statistical analysis

The data obtained for green and dry biomass and millet height were subjected to analysis of variance, and if significant, then the mean of the treatments was subjected to regression analysis. The average green and dry biomass of the six millet treatments was compared to the weed biomass in the fallow treatment by Student's t-test ($\alpha=0.05$).

To meet the statistical assumptions for the analysis of variance, the percentage of soil covered with millet were transformed using the formula $\log_e(x)$. When treatment effects were significant ($\alpha=0.05$), the means of the treatments were subjected to regression analysis over time and the means of the evaluation periods were compared by Tukey's test ($\alpha=0.05$). The data were back-transformed for graphing.

The data on the agronomic traits of the silage maize and the levels of leaf macronutrients present in the maize silage were subjected to analysis of variance and were determined to be significant based on the Tukey's test ($\alpha=0.05$).

For all analyses, the statistical program R Studio (R Core Team, 2021) and the package ExpDes.pt version 1.2.1 (Ferreira et al., 2021) were used.

Results and Discussion

Millet growth and soil cover

Rates of K fertilization applied to millet from 0 to 150 kg K₂O ha⁻¹ did not affect millet height or green and dry biomass yield ($p > 0.05$; Table 2). Mean values were 70 cm for plant height, 11.5 t ha⁻¹ for green biomass, and 2.8 t ha⁻¹ for dry biomass. Green and dry biomass produced by weeds in the fallow plots (3.2 and 1.1 t ha⁻¹, respectively) was substantially less than that produced by the cover crop ($p \leq 0.05$; Table 2).

Our results were similar to those of Meneghette et al. (2019) who found no difference in dry biomass yield of millet (5.4 t ha⁻¹) cultivated from April to September with 0, 35, 70, or 120 kg K₂O ha⁻¹. However, these results contrast with those of Silva & Lazarini (2014) who found biomass yield of millet (6.6 t ha⁻¹) from October to December (rain season) to be greater with 100 kg K₂O ha⁻¹ than with 0 or 50 kg K₂O ha⁻¹. Torres & Pereira (2014), studying the biomass production of different cover crops preceding maize (August to November) in the Cerrado of MG, observed average production of 4.3 t ha⁻¹ in fifth year of cultivation, without any fertilization. According to authors these results can be explained by the low precipitation occurred according to the year of the experiment.

The straw produced by the millet plants in our study (2.78 t ha⁻¹) was less than that considered ideal for the maintenance of the soil cover in the no-tillage system, which according to Alvarenga et al. (2001) is 6.0 t ha⁻¹, however the soil cover depends of the plant type, of the growing region and climate. This low productivity may be related to climatic conditions such as low rainfall

during cultivation, which is common for the season in the region. Torres & Pereira (2014) observed that the dry biomass decreased drastically when the cover plants were sown in April (dry season) when compared to when sown in August to November (rainy season). The authors attributed these results to the lack of rainfall during the vegetative growth period of the plants, which caused them to decrease their size and production of leaves and flowers, in addition to producing a more fibrous stem to resist water deficits.

The rate of K applied to millet did not affect soil cover at any sampling date, nor was there an interaction between days after cutting and K rate ($p \geq 0.05$). Soil cover was $\sim 80\%$ just after cutting, decreasing linearly at $\sim 3\%$ every 10 days to $\sim 40\%$ cover at 120 days after cutting ($p \leq 0.05$; Fig. 2). Similar to our results, Castro et al. (2017) observed $\sim 82\%$ soil cover from 8.2 t ha^{-1} of dry biomass produced by millet sown in the Cerrado in March. Soil cover declined to $\sim 48\%$ just before maize planting, ~ 156 days after cutting.

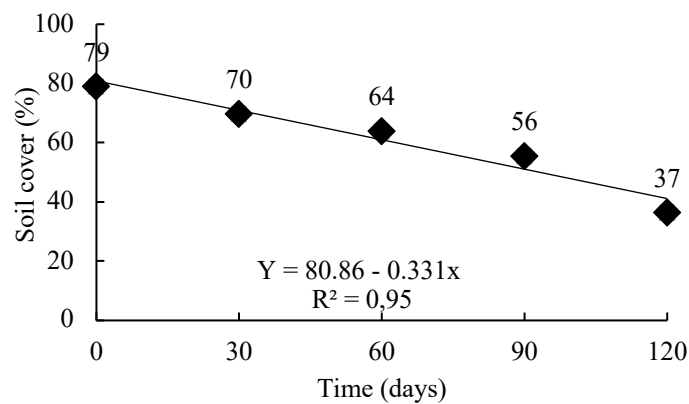


Figure 2. Percent of soil covered by millet straw at 0, 30, 60, 90 and 120 days after cutting averaged over 5 rates of K fertilization that did not affect straw production or decomposition

No-tillage systems require at least 50% coverage to maximize the benefits provided by cover crops such as suppression of weeds, protection against the direct impact of raindrops, decreased evaporation, increased organic matter, and improved physical, chemical and biological soil attributes (Alvarenga et al., 2001). Although the biomass produced by millet in our study was considered below

the ideal amount for the system, it provided more soil cover (55%) than the minimum required up to 90 days after its harvest. Thus, the amount of dry biomass produced was shown to be efficient in promoting soil cover during the off-season of silage maize, especially important in areas where farmers do not adopt crop succession due the weather conditions leaving the soil fallow and uncovered for most of the year. Leaving soil fallow is not recommended because even if weeds grow, they do not produce enough biomass for soil cover and increase the weed seed bank, resulting in greater difficulties when managing crops during the harvest (Assis et al., 2016).

The adoption of crop succession with cover crops in areas of maize silage with cover crops provides numerous benefits to the system, including nutrient cycling, weed suppression, reduced soil temperature, and erosion prevention (Adetunki et al., 2020). Millet, in turn, is a good option because it can accumulate a large amount of dry matter in a short time. Its straw has a high C/N ratio, which ensures soil cover for a longer period of time after harvest. In addition, millet accumulates a high amount of K (Bossolani et al., 2018), thus it can contribute to the recycling of K for crops in succession, especially in areas of maize silage where substantial K is removed from the field.

Silage maize

The application of 150 kg K₂O ha⁻¹ applied in different proportions to the preceding millet cover crop and directly to the silage maize, did not affect the concentration N, P, K, Ca, Mg, and S in the earleaf of maize at R1 ($p \geq 0.05$; Table 3). Earleaf nutrient concentrations of K (31.0 g kg⁻¹) and P (3.5 g kg⁻¹) were above the upper concentration considered adequate; 13 to 30 and 1.8 to 3.0 g kg⁻¹ for K and P, respectively (Souza and Lobato et al., 2004). Conversely, earleaf N (25.8 g kg⁻¹) was less than concentrations considered adequate; 28 to 35 g kg⁻¹. Earleaf Ca (7.1 g kg⁻¹), Mg (2.1 g kg⁻¹) and S (2.3 g kg⁻¹) concentrations were considered adequate; 2.5 to 10, 1.5 to 5.0, and 1.4 to 3.0 g kg⁻¹, respectively.

Different rates of K fertilization (0, 35, 70 and 120 kg ha⁻¹ of K₂O) applied to maize, sorghum and millet did not affect the tissue K concentration of the following soybean crop (Meneghette et al., 2019). Similarly, 60 and 90 kg K₂O ha⁻¹ applied at millet sowing did not reduce K accumulation by the subsequent soybean crop (Foloni & Rosolem, 2008). The authors suggested that although the millet absorbed K in large quantities, the K in the straw was made available in synchrony with the needs of the following soybean crop.

The lack of significant differences in the leaf K contents in maize, as well as the mean levels of this nutrient just above the upper limit found in maize leaves, was in part likely related to the content of K present in the soil before the installation of the experiment (142.2 mg dm⁻³) being considered high (≥ 80 mg dm⁻³) (Souza & Lobato, 2004). Other factor of influence is the growing season based on the greater water availability; thus, these factors contributed to better absorption of the nutrient by the crop. We suggest that an adequate amount and distribution of rain during the maize growing season maintained adequate soil moisture and facilitated plentiful uptake of K (Cavalli & Lange, 2018). The mobility of K in the soil occurs almost entirely by diffusion, a process highly dependent on water (Barber, 1962). However, in soils with high K availability, plants absorb more K than is necessary, and it accumulates in their organelles, which is characterized as excess consumption (Clover & Mallarino, 2013).

Maize tissue P (3.5 g kg⁻¹) was also above the sufficiency range of 1.8 to 3.0 g P kg⁻¹ (Souza and Lobato et al., 2004). Phosphorus availability may have been unusually high in this soil because it was limed just before the experiment was initiated. Lime application of acid soils increases the pH by reacting with Al and Fe, thus decreasing P fixation capacity and increasing P availability (Viviani et al., 2010).

Low tissue N may also have been related to the amount of K present in the soil solution. Excess of KCl can cause reduction of the nitrate reductase enzymes in maize (Silva et al., 2011). This

reduction can be caused by the fact the plant spends more energy (metabolic cost) to adapt the salinity caused by the potassium chloride to the soil. This way, it can affect the nitrate reductase enzyme once it utilizes the energy generated in the photosynthesis. The nitrate reductase plays a role in the reduction of nitric nitrogen by the higher plants. Otherwise, the time of potassium application did not affect the uptake Ca and Mg by the maize plants as observed by other authors (Gomes et al., 2018).

The different doses of potassium fertilization applied in a complementary manner to that applied early during the millet cultivation also did not affect the agronomic characteristics of the silage maize ($P \geq 0.05$; Table 4 and 5). Similarly, the yield components of silage maize were not influenced ($P \geq 0.05$) by the doses of potassium applied in a complementary manner to that applied in the millet cultivation.

Similar responses were found for soybean yield when cultivated with K fertilization timing varying between a winter crop [wheat (*Triticum spp*), black oat (*Avena strigosa* Schreb.) and canola (*Brassica napus* L.)] and a summer soybean crop - (100% in winter crop, 50% in winter crop + 50% in soybean crop and 100% in soybean seeding). According to the authors, this result was due to high levels of K in the soil (Cibotto et al., 2016). Similarly, different rates of K fertilization (0, 50 and 100 kg ha⁻¹ of K₂O) and different methods of application [100% in the cover crops pearl millet or proso millet (*Panicum miliaceum* L.), 100% at sowing of soybean, 100% in soybean broadcasting, 50% in advance of cover crop sowing + 50% at soybean sowing, 50% at soybean sowing + 50% in soybean topdressing had no effect on the subsequent soybean crop (Silva & Lazarini, 2014). The authors also stated that yield returns were not always observed with the application of a given nutrient; however, maintenance fertilization is an important practice considering the losses that occur through leaching and crop removal over the years.

In silage maize, evaluations of the agronomic traits of the plants are of great importance because they are highly related to the quality of the silage produced. A production of green and dry

biomass greater than 55 and 18 t ha⁻¹, respectively, and a percentage of dry biomass between 30-35% are considered ideal for silage maize (Neuman et al., 2020). Forage with dry biomass above 40% exhibits compaction difficulties, resulting in problems in fermentation and in the quality of the final product, which may vary depending on the forage species and maturation stage (Macedo et al., 2019). The higher percentage of dry mass in this study (42%) can be related to late harvest and the lack of rain in the final development phase of the maize silage. Although there is generally good water availability in this region during this portion of the growing season, it is not uncommon to experience periods of drought in the middle of the rainy season, known as “veranicos” (Silva et al., 2015). In the present study, a veranico was observed during the final phase of crop cultivation, resulting in a large amount of senescent lower leaves prior to crop harvest.

Based on the results obtained in this study, we can infer that in soils with high K availability, the total dose of total potassium fertilization for sowing and cover (150 kg ha⁻¹) recommended for silage maize cultivation in the summer can be fully applied to millet during the fall/winter cultivation without yield loss compared to applying all or most of the K directly to the maize. Thus, early fertilization of the cover crop preceding maize is a viable practice due to the operational advantages of applying fertilizer at this time and for the producer. Early fertilization with KCl deserves attention because applications in large quantities in the sowing furrow can cause increased salinity in the furrow and damage during seed germination (Peron et al., 2019).

Conclusion

Early application of potassium fertilization to millet grown in the off-season of silage maize does not alter green and dry biomass. However, the productivity of the produced dry biomass was efficient in promoting adequate soil cover in the off-season to 90 days after harvest.

Potassium fertilization applied early to millet grown in winter in soils with high potassium contents does not alter the productivity of silage maize grown in succession.

Acknowledgments

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance code 001.

References

- ADETUNJI, A. T.; NCUBE, B.; MULIDZI, R.; LEWU, F. B. Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. **Soil and Tillage Research**, v.204, p.104717, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104717>.
- ALVARENGA, R. C.; GABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para o sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, n.206, p.25-36, 2001.
- ALVARENGA, R.C. **Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos**. 1993. 112p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- AMBROSINI, V. G.; ALMEIDA, J. L.; ARAUJO, E. A.; ALVES, L. A.; FILIPPI, D.; FLORES, J. P. M.; FOSTIM, M.; FONTOURAM S. M. V.; BORTOLUZZI, E. C.; BAYER, C.; TIECHER, T. Effect of diversified cropping systems on crop yield, legacy, and budged of potassium in a subtropical Oxisoil. **Field and Crop Research**, v. 275, 108342, 2022. DOI: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108342>.
- ASSIS, R. L.; BOER, A. A.; PACHECO, L.P.; BRAZ, A. J. P.; COSTA, K. A. P.; TORRES, J.L. Produção e decomposição de biomassa de plantas de cobertura na primavera. **Revista Energia na Agricultura**, v.31, n.4, p. 328-333, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2016v31n4p328-333>
- ASSIS, R. L.; FREITAS, R.S.; MASON, S. C. Pearl millet production practices in Brazil: A review. *Experimental Agriculture*, v.54, p.699-718, 2017. DOI: [10.1017/S0014479717000333](https://doi.org/10.1017/S0014479717000333).

BARBER, S. A. A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient available. **Soil Science**, v. 93, n.1, p. 39-49, 1962.

BENDER, R. R., HAEGELE, J. W., RUFFO, M. L., BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy Journal**, v.105, n. 1, p. 161-170, 2013.

BOSSOLANI, J. W.; LAZARINI, E.; SOUZA, L. G. M.; PARENTE, T. L.; CAIONI, S., BIAZI, N. Q. Potassium doses in previous crops and effect on soybean in succession. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.2, p.90-94, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n2p90-94>.

CASTRO, G. F.; SILVA, C. G. M.; MOREIRA, S.G.; REZENDE, A.V. Plantas de cobertura em sucessão ao milho silagem para silagem em condições do cerrado. **Journal of Bioenergy and food Science**, v.4, n.1, p.37-49, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18067/jbfs.v4i1.130>.

CAVALLI, E.; LANGE, A. Efeito residual do potássio no sistema de cultivo soja-milho safrinha no cerrado mato-grossense. **Cultura Agronômica**, v.27, n.2, p. 310-326, 2018. DOI: <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n2p310-326>.

CHIEZA, E. D.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E.S., ESPÍNDOLA, J.A.; FERNANDES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 64, p. 189-196, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764020012>.

CIBOTTO, D.V.; NETO, A. O.; GUERRA, N.; BOTTEGA, E. L.; LEAL, G. B. Produtividade da soja com antecipação da adubação potássica nas culturas da aveia preta, canola e trigo. **Revista Campo Digital**, v.11, n.1, p.25-32, 2016.

CLOVER, M. W.; MALLARINO, A. P. Corn and soybean tissue potassium content responses to potassium fertilization and relationships with grain yield. **Soil Science Society of America Journal**, v.77, p.630-642, 2013. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0223>.

COSTA, N. R.; ANDREOTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécie forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v.31, p.818-829, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n3a2015-22434>.

DHILLON, J.S.; ERICKHOFF, E. M.; MULLEN, R. W.; RAUN, W.R. World potassium use efficiency in cereal crops. **Agronomy Journal**, v.111, p.889-896, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0462>.

ECHER, F. R.; PERES, V. J.; ROSOLEM, C. A. Potassium application to the cover crop prior to cotton planting as a fertilization strategy in sandy soils. **Scientific Reports**, v. 10, n.1, 20404, 2020. DOI: [10.1038/s41598-020-77354-x](https://doi.org/10.1038/s41598-020-77354-x).

FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., NOGUEIRA, D. A., 2021. ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues). R package version 1.2.1. <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>.

FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função a antecipação da adubação potássica no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1549-1561, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000400019>.

FRANCISCO, E. A. B.; CÂMARA, G. M. S.; SEGATELLI, C. R. Estado nutricional e produção do capim-pé-se-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. **Bragatia**, v.66, N.2, p. 259-266, 2007. DOI: [10.1590/S0006-87052007000200009](https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000200009).

GERALDO, J.; OLIVEIRA, L. D.; PEREIRA, M. B.; PIMENTEL, C. Fenologia e produção de massa seda e de grãos em cultivares de milheto-pérola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p. 1263-1268, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000900009>.

GOMES, M. P.; CORDIDO, J. P. B.; SANTOS, L. S.; PEREIRA, A. M. Desenvolvimento inicial de milho em resposta a doses de potássio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.1, p. 27-36, 2018.

LANGE, A.; CAVALLI, E.; CAVALLI, C.; BUCHELT, A.C. Adubação potássica e seu efeito residual no sistema soja-milho safrinha em mato grosso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.18, n.2, p.192-205, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v18n2p192-205>.

LEMPP, B.; MORAIS, M.G.; SOUZA, L.C.F. Produção de milho em cultivo exclusivo ou consorciado com soja e qualidade de suas silagens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 3, n. 3, p. 243-429, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352000000300013>.

MACÊDO, A. J. S.; NETO, J. M. C.; SILVA, M. A.; SANTOS, E. M. Potencialidades e limitações de plantas forrageiras para silagem: Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.13, n.2, p. 320-337, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/rbhsa.v13i2.520>>

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa do Potássio e do Fósforo, 1997. 319 p.

MENEGHETTE, H. H. A.; LAZARINI, E.; BOSSOLANI, J.W.; SANTOS, F.L.; SANCHES, I. R.; BIAZI, N. Q. Adubação potássica em plantas de cobertura no sistema de plantio direto e efeitos na cultura da soja em sucessão. **Colloquium Agrariae**, v.15, n.3, p.1-12, 2019.

MOREIRA, S. G.; LOPP, R. M.; LIMA, C.G.; MARUCCI, R.C.; REZENDE, A.V.; BORGES, I.D. Massa seca e macronutrientes acumulados em plantas de milho cultivados sob diferentes espécies de cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p. 2018-231, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p218-231>.

NEUMAN, M.; NEBANCION, B. J.; HORST, E. H.; CRISTO, F. B. C.; PETKOWICZ, K., PONTAROLO, G. B.; MENDES, M. C.; MARTINS, M. B. A. Corn hybrid silage quality according to harvesting time. **Semina: Ciências Agrárias**, v.41, n.2, p. 369-382, 2020. DOI: [10.5433/1679-0359.2020v41n2p369](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n2p369).

PAYE, W. S.; GHIMIRE, R.; ACHARYA, P.; NILAHYANE, A.; MESBAH, A.; MARSALIS, M. A. Cover crop water use and corn silage production in semi-arid irrigated conditions. **Agricultural Water Management**, v.1, p. 1-10, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107275>.

PERON, G. C.; PINHO, R. G.; JUNIOR, L. A. Y.; SOUZA, V. F.S.; PEREIRA, F.C.; JUNIOR, I. C. V.; BALESTRE, M.; CARDOSO, D. A. Influência de formas de adubação de semeadura na produtividade de grãos de híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.18, n.1, p.88-98, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v18n1p88-98>.

R Core Team, 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F., 2018. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa.

SILVA, A. F.; LAZARINI, E. Doses and application seasons of potassium on soybean crop in succession the cover crops. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p.179-192, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p179>.

SILVA, F. A.; FREITAS, F. C. L.; ROCHA, P. R. R.; CUNHA, J. L. X. L.; DOMBROSKI, J. L. D.; COELHO, M. E. H.; LIMA, M. F. P. Milho para silagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.1, p. 327-340, 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n1p327.

SILVA, S. M.; OLIVEIRA, L. J.; FARIA, F. P.; REIS, E. F.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, S. M. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Revista Ciência Rural**, v.41, n.11, p. 1931-1937, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000136>.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. [Cerrado: Soil Correction and Fertilization.]. Brasília (DF): Embrapa Informação tecnológica. Portuguese, 2004.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Produção e decomposição de resíduos culturais antecedendo milho e soja num Latossolo no Cerrado mineiro. **Comunicata Scientiae**, v.5, n. 4, p. 419-426, 2014. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v5i4.508>.

VIVIANI, C. A.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; GONÇALVES, M. C. G. Disponibilidade de fósforo em dois Latossolos Argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.1, p. 61-67, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000100007>.

Table 1. Timing and rates of K treatments applied to millet (*Pennisetum glaucum*) and maize (*Zea mays*), as well as blanket rates of N and P applied

Treatment	Crop	Fertilization - Fall/Winter 2020			Fertilization - Spring/Summer 2020/2021			
		At sowing	47 days after sowing	N	At sowing	At V4 growth stage of maize		
		N+P ₂ O ₅	K ₂ O	N	N+P ₂ O ₅ +K ₂ O	K ₂ O	N	
		----- kg nutrient ha ⁻¹ -----			----- kg nutrient ha ⁻¹ -----			
0/120	Millet	20 + 80	0	60	Maize	39 + 182 + 30	120	180
30/90	Millet	20 + 80	30	60	Maize	39 + 182 + 30	90	180
60/60	Millet	20 + 80	60	60	Maize	39 + 182 + 30	60	180
90/30	Millet	20 + 80	90	60	Maize	39 + 182 + 30	30	180
120/0	Millet	20 + 80	120	60	Maize	39 + 182 + 30	0	180
150/0	Millet	20 + 80	150	60	Maize	39 + 182 + 0	0	180
F0/Re	Fallow	0	0	0	Maize	39 + 182 + 60	90	180

Table 2. Effect of potassium rate treatments on millet plant height (PH) and green biomass (GB) and dry biomass (DB) of millet (*Pennisetum glaucum*) and weeds (fallow treatment, only).

K ₂ O applied to millet, kg ha ⁻¹	PH	GB	DB
	----- cm -----	----- t ha ⁻¹ -----	
0	80.1	12.2	3.2
30	65.4	9.7	2.4
60	70.8	10.5	2.5
90	69.6	14.4	3.5
120	64.0	8.6	2.2
150	64.1	12.8	2.7
Mean	69.0	11.3	2.8
cv (%)	17.2	18.2	21.1
Millet ⁽¹⁾	NA ⁽³⁾	11.5a ⁽⁴⁾	2.8a
Fallow ⁽²⁾	NA	3.2b	1.1b

⁽¹⁾ Mean of millet treatments receiving 0 to 150 kg K₂O ha⁻¹.

⁽²⁾ No K was applied to the fallow treatment.

⁽³⁾ NA – not applicable

⁽⁴⁾ Means in a column followed by different letters differ by Student's t-test ($p \leq 0.05$).

Table 3. Concentrations of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulfur (S) in the earleaf of silage maize (*Zea mays*) at growth stage R1 as affected by timing of K fertilization and fallow.

Treatment ⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg -----					
0/120	26.2	3.6	32.0	7.2	2.3	2.4
30/90	24.5	3.3	29.3	6.5	2.0	2.1
60/60	25.4	3.4	29.7	7.8	2.1	2.4
90/30	25.3	3.5	32.3	7.1	2.0	2.2
120/0	26.1	3.4	30.5	7.4	2.3	2.3
150/0	28.0	3.6	32.0	7.5	2.2	2.4
F0/Re	25.2	3.4	31.3	6.4	2.0	2.1
Mean	25.8	3.5	31.0	7.1	2.1	2.3
cv (%)	6	11	8	11	13	8

⁽¹⁾ 0/120= 0 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 120 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 30/90= 30 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 90 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 60/60= 60 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 60 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 90/30 = 90 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 30 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 120/0= 120 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 0 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 150/0= 150 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 0 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; F0/Re= Fallow (0 kg K₂O ha⁻¹) + 150 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing.

Table 4. Agronomic characteristics of silage maize (*Zea mays*): ear insertion height (EIH), plant height (PH), ear length (EL), stem diameter (SD), ear diameter (ED), and ears per plant (EPP) at growth stage R5.

Treatment ⁽¹⁾	EIH	PH	EL	SD	ED	EPP
	----- m -----		----- cm -----			
0/120	1.3	2.5	22.4	2.4	5.6	1.1
30/90	1.2	2.3	22.8	2.3	5.5	1.1
60/60	1.1	2.3	22.6	2.3	5.6	1.1
90/30	1.2	2.4	22.7	2.2	5.6	1.1
120/0	1.1	2.2	22.7	2.1	5.5	1.0
150/0	1.2	2.3	22.8	2.3	5.7	1.1
F0/Re	1.2	2.4	22.8	2.1	5.5	1.1
Mean	1.2	2.3	22.7	2.2	5.6	1.1
cv (%)	12	7	3	8	3	9

⁽¹⁾ 0/120= 0 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 120 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 30/90= 30 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 90 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 60/60= 60 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 60 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 90/30 = 90 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 30 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 120/0= 120 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 0 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 150/0= 150 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 0 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; F0/Re= Fallow (0 kg K₂O ha⁻¹) + 150 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing.

Table 5. Maize silage (*Zea mays*) plant population and production components: green biomass (GB), dry biomass (DB) and dry matter percentage (DM) at growth stage R5.

Treatment ⁽¹⁾	Plants ha ⁻¹	GB -----t ha ⁻¹ -----	DB	DM %
0/120	58,333	46.1	18.9	0.40
30/90	58,333	39.7	16.6	0.42
60/60	56,667	39.8	17.6	0.44
90/30	57,778	48.3	20.4	0.42
120/0	51,481	39.2	17.9	0.45
150/0	48,333	37.1	16.0	0.43
F0/Re	53,333	41.1	18.0	0.43
Mean	54,895	41.6	17.9	0.42
cv (%)	14	5	8	7

⁽¹⁾ 0/120= 0 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 120 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 30/90= 30 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 90 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 60/60= 60 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 60 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 90/30 = 90 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 30 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 120/0= 120 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 0 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; 150/0= 150 kg K₂O ha⁻¹ at millet topdressing + 0 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing; F0/Re= Fallow (0 kg K₂O ha⁻¹) + 150 kg K₂O ha⁻¹ at maize topdressing.

Artigo formatado conforme as normas da Revista Brasileira de Milho e Sorgo (versão aceita)

**ARTIGO 2 - EARLY POTASSIUM FERTILIZATION IN THE COVER CROP AND ITS
RESIDUAL ON MAIZE SILAGE IN SUCCESSION**

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the effects of the application of potassium fertilizer (K) on *Urochloa ruziziensis* cultivated in autumn/winter in the corn silage corn (*Zea mays* L.) cultivated in succession. A randomized block design was used. In the fall/winter the plots were constituted of *U. ruziziensis* and six doses of K (0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg ha⁻¹) as muriate of potash (57% K₂O) and a fallow treatment. For the summer crop, the treatments were composed of silage corn and six doses of K₂O (120, 90, 60, 30, 0, and 0 (sowing and broadcast) kg ha⁻¹) complementary to the treatments applied to the fall/winter crop (totalling 150 kg K₂O ha⁻¹) and an additional treatment with recommended fertilization amount applied to the silage corn (60 and 90 kg K₂O ha⁻¹ at sowing and broadcasting, respectively). For *U. ruziziensis*, plant height, green and dry biomass yields and soil coverage were evaluated. For the corn silage, agronomic traits, leaf nutrient contents and green and dry biomass yields were evaluated. The advanced application of K fertilizer to *U. ruziziensis* did not alter its yields components or silage corn grown in succession; however, the complementary doses of 90 and 120 kg ha⁻¹ of K₂O promoted silage corn ears with larger diameters than those observed in the recommended fertilization.

Keywords: *Zea mays* L., potassium, brachiaria, cover crops, *Urochloa ruziziensis*.

**ADUBAÇÃO POTÁSSICA ANTECIPADA NA CULTURA DE COBERTURA E SEU
RESIDUAL NO MILHO SILAGEM EM SUCESSÃO**

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação da adubação potássica (K) sobre *Urochloa ruziziensis* cultivada no outono/inverno no milho de silagem (*Zea mays* L.) cultivado em sucessão. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados. No outono/inverno as

parcelas foram constituídas de *U. ruziziensis* e seis doses de K₂O (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹) como cloreto de potássio (57% K₂O) e tratamento em pousio. Para o cultivo de verão, os tratamentos foram compostos por milho de silagem e seis doses de K₂O (120, 90, 60, 30, 0 e 0 (semeadura e cobertura) kg ha⁻¹) complementares aos tratamentos aplicados à cultura outono/inverno (totalizando 150 kg de K₂O ha⁻¹) e um tratamento adicional com quantidade de adubação recomendada para o milho silagem (60 e 90 kg K₂O ha⁻¹ no semeio e cobertura, respectivamente). Para *U. ruziziensis*, foram avaliadas a altura das plantas, a produtividade de biomassa verde e seca e a cobertura do solo. Para milho silagem, foram avaliadas características agronômicas, teores de nutrientes foliares e produtividades de biomassa verde e seca. A adubação antecipada de K em *U. ruziziensis* não alterou seus componentes de produtividade ou silagem de milho cultivada em sucessão, entretanto, as doses complementares de 90 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O promoveram maiores diâmetros de espiga no milho quando comparada a adubação recomendada.

Palavras-chave: *Zea mays* L., potássio, braquiaria, plantas de cobertura, *Urochloa ruziziensis*.

Introduction

Because it has high mass productivity, good fermentation quality and high nutritional value, maize silage (*Zea mays* L.) is one of the most used crops in intensive production systems of both meat and milk, especially during dry periods (Klein et al., 2018; Melo et al., 2021). However, during the harvest of maize for whole-plant silage, all the plant material that could contribute to nutrient cycling is exported from the growing area, causing the depletion of nutrients, especially K which is found in large quantities in corn straw (Ueno et al., 2011; 2013). In regions where it is difficult to grow crops in succession due to low rainfall amounts, the soil remains exposed until the next harvest (Moreira et al., 2014), causing an increase in weed infestation (Assis et al., 2016) and the accumulation of small amounts of organic matter in the soil is slow (Ueno et al., 2011).

In situations where continuous cultivation of silage corn is adopted, it is essential to adopt management practices that aim to maintain the sustainability of production systems. In this sense, the successive growth of crops with the use of cover crops is a viable alternative due to the advantages provided to the systems. Cover crops have efficient biomass production and promote good soil cover (Andrioli & Prado, 2012); they can increase soil organic matter content and thus improve chemical, physical and biological properties of soil, contribute to the recycling of nutrients, and regulate the temperature of the soil, in addition to efficiently suppressing weeds and controlling erosion (Adetunji et al., 2020). Thus, given the expected benefits of growing a cover crop, the species to be grown should take into account the climate and type of soil where they will be cultivated.

Urochloa ruziziensis (R. Germain & Evrard) is a forage plant widely used for biomass production and soil cover in direct seeding systems (Balbinot Junior et al., 2017) because it is a grass that is easily desiccated with nonselective herbicides, forms fewer clumps than other brachiaria species (Franchini et al., 2014) and has a high capacity for shoot biomass production and root volume even under deficit water conditions (Petter et al., 2013). In areas with low water availability in the Cerrado, it presents good regrowth after the beginning of the rainy season when planted in fall/winter (Pacheco et al., 2013). *U. ruziziensis* also has great potential to recycle nutrients, especially potassium (K), and is therefore considered a suitable plant for soil nutrient management and the sustainability of agricultural production systems (Rosolem et al., 2012).

In early fertilization, the fertilizer dose required for a summer crop can be applied partially or fully, delivered in bulk or incorporated into the growth medium, or applied to the previous crop, i.e., in the fall/winter (Francisco et al., 2007). Early fertilization provides advantages to the producer such as the reduction of costs and time by performing the operations in the summer cultivation period and the use of labour and machines, considering that these would already be in use in the autumn/winter cultivation (Francisco et al., 2007; Timossi et al., 2016). However, when potassium

fertilization is performed in advance, it is necessary to consider some factors, such as soil texture, nutrient content and water availability, to avoid losses by leaching (Lage et al., 2019).

The objective of this study was to evaluate the effects of early application of potassium fertilization on *U. ruziziensis* cultivated during autumn/winter on the yield of silage corn grown in succession.

Materials and Methods

The experiment was performed during the fall/winter harvest of 2020 (April to November) and the summer harvest of 2021 (December to April) at the Center of Development and Transfer and Technology (CDTT) of the Federal University of Lavras, (21°10'S and 44°55'W) in Ijaci, MG, Brazil. The climate of the region is characterized as humid temperate (Cwa), with hot and humid summers and dry and cold winters, with an average annual temperature of 19.4 °C and an average annual rainfall of 1,530 mm. The climatic variations occurring in the area during the experiment are shown in Figure 1.

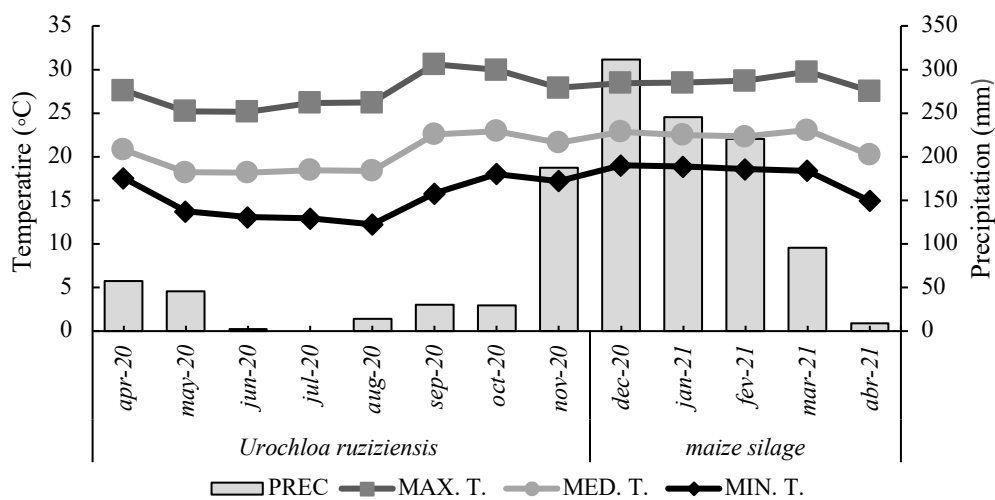


Figure 1: Monthly precipitation (PREC) and maximum (T MAX), mean (T AVER) and minimum (T MIN) temperatures from April 2020 to April 2021 in the municipality of Ijaci in the state of Minas Gerais, Brazil.

The soil in the experimental area was classified as dystrophic Oxisol (Soil Survey Staff, 2022). A soil analysis performed in the 0-20 layer at the beginning of the experiment was: pH H₂O, 6.9; Ca²⁺, 3.2 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺, 0.60 cmol_c dm⁻³; Al³⁺, 0 cmol_c dm⁻³; H+Al, 1.8 cmol_c dm⁻³; effective CEC (t), 4.2 cmol_c dm⁻³; CEC at pH 7, 6.0 cmol_c dm⁻³; P (Rem), 17.50 mg dm⁻³; K⁺, 142.2 mg dm⁻³; sum of bases, 4.17 cmol_c dm⁻³; base saturation, 70%; OM, 2.4%; clay, 64%; silt, 5%; and sand, 31%.

In the fall/winter harvest of 2020, the soil was prepared for *U. ruziziensis* planting with two harrows and then furrows were opened with a furrower. *U. ruziziensis* from BR Seeds (Cultural value: 62%) was manually sown using 10 kg seed ha⁻¹ in April 2020 to 6 of 7 treatment in each replication – one plot per replication was left fallow. The plots totalled 12.5 m², consisting of five-m-long planting rows spaced 0.25 m apart and were arranged in a randomized complete block with four replications. Forty- seven days after sowing *B. ruziziensis* six early K application treatments (0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg K₂O ha⁻¹ as KCl, 57% K₂O), was broadcastes applied to the plots with a complementary dose to be applied in the summer to achieve a total application of 150 kg K₂O as is recommended for maize in the Cerrado (Sousa & Lobato, 2004). A seventh treatment was left fallow and no K₂O was applied. There were four replications of each treatment.

In November 2020, the *U. ruziziensis* were cut close to the ground using a backpack brush-cutter, then the residues were evenly distributed uniformly within each plot. To eliminate existing weeds and possible resprouting of the cover crop, all plots were sprayed with glyphosate at 2.0 kg a.i. ha⁻¹.

In the summer harvest of 2020/21, the experimental plots were installed in the plots previously harvested. Maize (R9080 PRO 2 hybrid) was sown in December 2020 at 60.000 seeds ha⁻¹ with a no-till planter equipped with a coulter that placed 350 kg ha⁻¹ of monoammonium phosphate at sowing. Thirty kg K₂O ha⁻¹ was manually broadcast on the soil surface by hand for all but 2 treatments – the treatment that had previously received 150 kg K₂O ha⁻¹ applied to the *U. ruziziensis*

and the fallow treatment. Additional K was broadcast applied at V4 at rates to total 150 kg K₂O ha⁻¹ (150, 120, 60, 30, 0 kg K₂O ha⁻¹, including the different rates of K₂O applied to *U. ruziziensis* and 30 K₂O ha⁻¹ at maize sowing), was applied to the plot that received K when sown to *U. ruziziensis*. The treatment without *U. ruziziensis* cover crop (fallow) received the standard recommendation for maize – 60 and 90 K₂O ha⁻¹ broadcast at sowing and at V₄, respectively (Souza & Lobato, 2004). Also, at V₄, 180 kg N ha⁻¹ as urea (46% N), glyphosate (2.00 kg ai ha⁻¹), and atrazine (1.25 kg ai ha⁻¹) were broadcast applied to all plots. Maize at growth stage R5 was harvested for ensiling April 2021 (112 days after sowing).

Plant measurements

U. ruziziensis parameters were determined November 2020 from the center of each plot. Plant height from the soil surface to the last leaf was determined for 10 randomly selected plants. Whole plants were collected from 1 m² and wet weight determined. A 500 g subsample of the entire plant was weighed after drying in a forced-air oven at 65 °C until constant weight. Wet and dry biomass were extrapolated to t ha⁻¹.

The area of soil covered by *U. ruziziensis* residue was determined on the day of harvest. A 0.05 m-square wooden frame with string spaced at 0.05 m to create 0.05 m squares was used to estimate percent residue cover at 5 locations in the middle of each plot (Alvarenga, 1993).

At maize growth stage R1, 10 plants were randomly chosen from the center of each plot for determination of plant height from the soil level to the insertion of the flag leaf node; height of ear insertion, taken from the ground level to the insertion of the first ear; length of the ear with husk diameter of the ear, measured in the middle third of each ear; stem diameter, measured in the middle region of the stem after the second node; and average ears per plant. The leaf below and opposite the ear at R1 was collected from 10 plants in the center of each plot. Tissue samples were dried in a

forced-air oven at 65°C and ground in a Wiley mill to pass a 20 mm mesh screen. Nitrogen, P, K, Ca, Mg, and S were determined according to methods outlined by Malavolta et al. (1997).

All plants were harvested at the R5 growth stage from the center of each plot (6 m²) beginning at a height of 0.2 m above the soil surface and weighed for estimate of green biomass. After grinding the maize plants with a forage harvester, homogenized samples of ~900 g were dried in a forced-air oven at 65 °C to constant weight and then re-weighed.

Statistical analysis

The data for green and dry biomass and *U. ruziziensis* height were subjected to analysis of variance, and if significant, then the treatment mean was subjected to regression analysis. To meet the statistical assumptions for the analysis of variance, the percentage of soil covered with *U. ruziziensis* was transformed using the formula $\log_e(x)$, and if significant, the means of treatments were subjected to regression analysis. The data were back-transformed for graphing.

The data on the agronomic traits of the silage maize and the levels of leaf macronutrients present in the maize silage were subjected to analysis of variance and were determined to be significant based on the Tukey's test ($\alpha=0.05$). For all the analyses, the statistical program Sisvar version 5.6 (Ferreira, 2011) was used.

Results and Discussion

The different doses of potassium fertilizer applied in advance to *U. ruziziensis* cultivated during the fall/winter of 2020 did not influence height, green and dry biomass yields or percentage of soil cover ($p \geq 0.05$; Table 1).

The mean value (52.2 cm) of *U. ruziziensis* height in this study was higher than that observed by Lima et al. (2017) when this plant was grown in fall (March to May) in Seropédica, RJ, with different doses of N and K₂O (120, 240 and 360 kg ha⁻¹ for each nutrient), yielding heights of 38, 38, and 46 cm, respectively. The authors attributed the result to climatic conditions (low available of

growth factors like water light and temperature) during the growing season that did not favour the development of the species. In comparison to our results, Pacheco et al. (2017) obtained greater dry biomass (7.8 t ha^{-1}) and soil cover (100%) for *U. ruziziensis* cultivated without fertilization after soybean cultivation (March to October) in Rondonópolis, MS. According to the authors, *U. ruziziensis* had a higher dry biomass yield than other cover crops evaluated in their study because it is a perennial plant with great resprouting capacity after the beginning of the rainy season.

The presence of mulch on the soil surface is one of the obstacles to direct seeding, especially in the Cerrado region. Therefore, a minimum of 6 t ha^{-1} of dry biomass and a coverage rate of at least 50% are recommended (Alvarenga et al., 2001). Thus, in the present study, the averages obtained for biomass yield were considered low; however, the percentage of soil cover provided by *U. ruziziensis* plants (63%) was satisfactory for the maintenance of this system. The lack of responses in yield to the application of potassium fertilizer to *U. ruziziensis* may be related to the high nutrient levels in the soil, which seem to have been necessary for the plants during the growth period, and to the low rainfall and temperatures occurring at the site during the cultivation season. The *U. ruziziensis* has reasonable drought tolerance and moderate tolerance to cold but excellent recovery speed after the first seasonal rainfall (Masetto et al. 2013)

Although high dry biomass productivity was not achieved, the use of *U. ruziziensis* in seasons when silage corn is not grown is an interesting alternative approach to promoting soil cover, especially in regions where there is almost no rainfall during this season, thus making cultivation difficult. Although not quantified in this study, *U. ruziziensis* accumulates K and thus contributes to reductions in nutrient leaching, since the nutrient remains protected from losses in living or dead plant tissue (Rosolém et al., 2012). Although slow initial development of *U. ruziziensis* was observed in this study, after the return of the rainy season, the plants were able to resume their growth, providing good soil cover for the next harvest. Thus, for direct planting performed in successive cultivation, it

is possible that the straw produced by *U. ruziziensis* may contribute in some way to the recycling of K in subsequent harvests.

The concentration of macronutrients in the earleaf of the silage maize was not influenced by the different doses of K₂O as a complement to the doses applied in the fall/winter harvest ($p \geq 0.05$; Table 2). Earleaf concentrations of Ca (6.8 g ha⁻¹), Mg (2.1 g kg⁻¹) and S (2.1 g kg⁻¹) were within values considered adequate according to Souza & Lobato (2004). Earleaf concentration of N (25.1 g kg⁻¹) was considered below, and the concentrations of P (3.4 g kg⁻¹) and K (30.4 g kg⁻¹) were considered above those values considered adequate. According to these authors, the adequate concentrations of earleaf nutrients of N, P, K, Ca, Mg, and S vary from 28 to 35, 1.8 to 3.0, 13 to 30, 2.5 to 10, 1.5 to 5, and 1.4 to 3.0 g kg⁻¹, respectively.

The cultivation of soybean in succession with corn, sorghum and millet with different doses of K₂O (0, 35, 70 and 120 kg ha⁻¹), also did not cause variations in leaf nutrient contents (Bossolani et al., 2018). However, the residual effect of applying potassium fertilizer (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) to off-season corn in a soybean cropping system with adequate levels of soil K, affected the leaf contents of Mg in soybean and N, K, Ca and Mg in corn, with the highest extraction of K for the off-season corn that received a dose of 72 kg K₂O ha⁻¹ (Lage et al., 2019)

The lack of significant responses to different doses of potassium fertilization in the K (57%) present in the corn silage leaves may be because the initial soil nutrient content (142.2 mg dm⁻³) was high (≥ 80 mg dm⁻³; Souza & Lobato, 2004). In addition to the previous fertilization and cultivation of *U. ruziziensis*, considering dose 0 (sowing and broadcast), in which the K₂O necessary for the development of maize (150 kg ha⁻¹) was fully applied to the fall/winter crop. Thus, it can be inferred that the K bioavailability may have been sufficient to provide the nutrient to the corn development.

The higher than necessary concentrations P and K in the corn leaves may also be related to the high concentration of nutrients in the soil in addition to adequate water availability during the

experiment, which may have favoured the absorption of these nutrients. Nutrient uptake by plant roots depends, among other factors, on the concentration of the nutrient in the soil solution and its transport to the root surface (Chen & Gabelman, 2000). Similar to K, the mobility of P in the soil occurs by diffusion, a process highly dependent on adequate soil moisture (Novais et al., 2007; Petter et al., 2013).

Similarly, the low concentration of N in corn may be related to the levels of K present in the soil solution and the interaction between nutrients. Ammonium (NH_4^+) is one of several cations that compete with K^+ for uptake sites on the plasma membrane of plants; thus, the lower availability of a given cation leads to increased absorption of the others (Novais et al., 2007). Low N concentration might also be explained by the fertilizer source utilized. Urea is susceptible to high N losses when applied in the soil surface via ammonia (NH_3) volatilization (Degaspari et al. 2020), especially when in contact with crop residues. In some cases, more than 64% of the applied N can be lost by the NH_3 volatilization (Pan et al. 2016). The timing and rate of K application did not affect the earleaf concentration of Ca and Mg at R1 in contrast to what has been observed in another research (Firmano et al., 2020).

The different complementary doses of K also did not affect the agronomic traits of silage corn except for ear diameter ($p \geq 0.05$; Table 3). The complementary doses of 120 and 90 kg ha^{-1} applied to the silage corn (0 and 60 $\text{kg K}_2\text{O}$ previous applied to *U. ruziziensis*, respectively) increased ear diameter 5.76 and 5.78 cm, respectively, compared to corn that received the recommended timing of K (5.51 cm). Green and dry biomasses and the percentage of dry matter in the corn silage were unaffected by the timing of potassium applied (Table 4).

A similar result was obtained by Lage et al. (2019), who evaluated the effect of potassium doses (0, 40, 80 and 120 kg ha^{-1} of K_2O) applied to an off-season corn crop and its residual effect on subsequent harvests (soybean and off-season corn). These authors suggested that the lack of response

to K fertilizer applied to the previous corn crop on subsequent soybean and corn crops may have been related to high levels of nutrients in the soil. Thus, the crops may have used the nutrient reserves present in the soil to meet their needs. Similarly, Ciboto et al. (2016) studied the effects of early potassium fertilization (100% K₂O applied to the winter crop; 50% applied to the winter crop and 50% applied to soybean; and 100% applied during soybean sowing) of black oat, canola and wheat cover plants and found that there were no differences in soybean yield. However, the application of 100% or 50% of the fertilizer dose to black oat decreased the number of reproductive structures and pods on the soybean plants, but did not affect the yield production. According to these authors, this result is due to the high levels of K in the soil, in which case fertilization could be performed entirely in advance or not at all.

The evaluation of the agronomic and productive traits of silage corn plants is of great importance for determining the quality of the silage produced (Skonieski et al., 2014; Klein et al., 2018). Thus, ear diameter is an important characteristic of corn when consumed in its natural form, as it is related to commercial sales patterns (Rodrigues et al., 2018). However, for corn silage, ear diameter can influence quality because smaller ear is correlated with less grain (Francelli & Neto, 2004). Although there were significant differences in this trait depending of the potassium doses applied in our study, no direct evaluation of silage quality was performed.

Regarding the green and dry biomass yields, the average production in Brazil varies by approximately 55 and 18 t ha⁻¹, respectively (Galvão et al., 2017; Velho et al., 2020). The ideal percentage of dry biomass for corn silage consumption and conservation varies between 28 and 35% (Silva Junior et al., 2017). Water deficits strongly influence the percentage of dry matter in corn (Domingues et al., 2013). Dry matter percentages greater than 40% make it more difficult to properly compact the silage, thus causing fermentation problems resulting in the loss of nutritional quality (Macedo et al., 2019). The productivity of corn silage is determined by water availability, temperature

and solar radiation (Melo et al. 2021). Thus, the high dry mass percentages as well as the low green biomass productivity observed in this study are likely related to the climatic conditions during the experiment. Although cultivation was performed during a period with good water availability, a period of drought was observed at the end of the crop cycle in the rainy season (summer), resulting in the occurrence of a large number of senescent leaves before the time of the harvest.

Crop responses to potassium fertilization occurs only in situations in which the nutrient content in the soil is below the critical level, which may vary according to the soil type (Galvão et al., 2015). Therefore, in view of the results obtained in this study, we can infer that in areas with high potassium contents, the total potassium fertilization required for corn silage can be fully applied in advance to the winter crop without losses in productivity. Therefore, early fertilization is a practice that can provide great advantages, including economy of labour and machinery or, as in this study, elimination of K_2O in planting rows, thus preventing seed damage caused by high amounts of salt (Silva & Lazarini, 2014). In addition, suitable timing should be considered when establishing crops to prevent impairing crop nutrition and productivity (Francisco et al., 2007).

Conclusion

The early application of potassium fertilizer to *U. ruziziensis* cultivated in the off-season did not alter green and dry biomass yields of *U. ruziziensis*, nor the green and dry biomass yield of silage corn grown in succession. However, complementary fertilization of the maize at doses of 90 and 120 kg K_2O ha⁻¹ (30 and 0 kg K_2O ha⁻¹ to *U. ruziziensis*) increased ear diameter compared to the commonly recommended fertilization regime of 90 and 120 kg K_2O ha⁻¹ applied to the maize at sowing and sidedressing, respectively.

Acknowledgments

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

References

- ADENTUNJI, A. T.; NCUBE, B.; MULIDZI, R.; LEWU, F. B. Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. **Soil and Tillage Research**, v. 204, 104717, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104717>
- ADRIOLI, I.; PRADO, R. M. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivado com milho em sistemas de plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.3, p. 963-978, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n3p963>
- ALVARENGA, R. C.; GABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para o sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, n.206, p.25-36, 2001.
- ALVARENGA, R.C. **Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos**. 1993. 112p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ASSIS, R. L.; BOER, C. A.; PACHECO, L. P.; BRAZ, A. J. B. P.; COSTA, K. A. P.; TORRES, J, L. R. Produção e decomposição de biomassa de plantas de cobertura cultivadas na primavera. **Revista Energia na Agricultura**, v. 31, n.4, p. 328-333, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2016v31n4p328-333>
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; SANTOS, J. C. F.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A. H. Contribution of roots and shoots of Brachiaria species to soybean performance in succession. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.8, p.592-598, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000800004>
- BOSSOLANI, J. W.; LAZARINI, E.; SOUZA, L. G. M. Potassium doses in previous crops and effect on soybean in succession. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n.2, p. 90-94, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n2p90-94>

CHEN, J.; GABELMAN, W. H. Morphological and physiological characteristics of tomato roots associated with potassium-acquisition efficiency. **Scientia Horticulturae**, v.83, p. 213-225, 2000.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00079-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00079-5)

CIBOTTO, D.V.; NETO, A. O.; GUERRA, N.; BOTTEGA, E. L.; LEAL, G. B. Produtividade da soja com antecipação da adubação potássica nas culturas da aveia preta, canola e trigo. **Revista Campo Digital**, v.11, n.1, p.25-32, 2016.

DEGASPARI, I. A. M.; SOARES, J. R.; MONTEZANO, Z. F.; DEL GROSSO, S. J.; VITTI, A. C.; ROSSETTO, R.; CANTARELLA, H. Nitrogen sources and application rates affected emissions of N₂O and NH₃ in sugarcane. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 116, p. 329-344, 2020.

DOMINGUES, A. N.; ABREU, J. G.; GANEPPELE, C.; REIS, R. H. P.; NETO, A. B.; ALMEIDA, C. M. Agronomic characteristics of corn hybrids for silage production in the state of Mato Grosso, Brazil. **Acta Scientiarum**, v.35, n.1, p.7-12, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i1.15592>

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FIRMANO, R. F.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; ALLEONI, L. R. F. Potassium rates and the cationic balance of a Oxisol and soybean nutritional status after 8 years of K deprivation. **Experimental Agriculture**, v.56, p. 239-311, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0014479719000371>

FRANCELLI, A. L.; NETO, D. D. **Produção De Milho**. 2^a ed. Piracicaba, 2004

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H. D.; CONTE, O. Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência**

Agronômica, v.45, n.5, p.999-1005, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000500015>

FRANCISCO, E. A. B.; CÂMARA, G. M. S.; SEGATELLI, C. R. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. **Bragantia**, v.66, n.2, p. 259-266, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000200009>

GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**, 2 ed. atual e ampl. Viçosa (MG): Ed, UFV, 382p. 2017.

GALVÃO, J. R.; FERNANDES, A. R.; SILVA, V. F.; PINHEIRO, D. P.; MELO, N. C. Adubação potássica em híbridos de sorgo forrageiro cultivados em sistema de manejo do solo na Amazônia Oriental. **Revista Caatinga**, v. 28, n.4, p. 70-79, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n408rc>.

KLEIN, J. L.; VIANA, A. F. P.; MARTINI, P. M.; ADAMS, S. M.; GUZATTO, C., BONA, R. A.; RODRIGUES, L. S.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L. Desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem de planta inteira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.1, p. 101-110, 2018. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p101-110](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p101-110)

LAGE, A.; CAVALLI, E.; CAVALLI, C.; BUCHELT, A. C. Adubação potássica e seu efeito residual no sistema soja-milho safrinha em Mato Grosso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.18, n.2, p. 192-205, 2019.

LIMA, K. R.; CARVALHO, C. A. B.; AZEVEDO, F. H. V.; MALAFAIA, P. A. M. Sward structure and nutritive value of *Urochloa ruziziensis* under nitrogen and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v.30, n.1, p. 220-229, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n124rc>

MACÊDO, A. J. S.; NETO, J. M. C.; SILVA, M. A.; SANTOS, E. M. Potencialidades e limitações de plantas forrageiras para silagem: Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.13, n.2, p. 320-337, 2019.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.

MASSETO, T. E.; RIBEIRO, D. M.; REZENDE, R. K. S. Germinação de *Urochloa ruziziensis* em função da disponibilidade hídrica do substrato e teor de água das sementes. **Pesquisa Agropecuária tropical**, v.43, n.4, p. 385-391, 2013. DOI:<https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000400010>

MELO, M. L. A.; CAMILO, J. A.; ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; SOUZA, I. R. P.; SIMEÃO, R. M. Sowing period and estimated maize production for silage under tropical conditions. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.20, e1219, 2021. DOI: [10.18512/rbms2021v20e1219](https://doi.org/10.18512/rbms2021v20e1219)

MOREIRA, S. G.; LOPP, R. M.; LIMA, C. G.; MARUCCI, R. C.; REZENDE, A.V.; BORGES, I. D. Massa seca e macronutrientes acumulados em plantas de milho cultivados sob diferentes espécies de cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p. 218-231, 2014. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p218-231](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p218-231)

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. (2007). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

PACHECO, L. P.; MIGUEL, A. S. D. C. M.; SILVA, R. G.; SOUZA, E. D.; PETTER, F. A., KAPPES, C. Biomass yield in production systems of soybean sown in succession to annual crops and cover crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n. 8, p. 582-591, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000800003>

PACHECO, L. P.; MONTEIRO, M. M. S.; SILVA, R. F.; SOARES, L. S.; FONSECA, W. L.; NÓBREGA, J. C. A.; PETTER, F. A.; NETO, F. A.; OSAJIMA, J. A. Produção de Fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura no cerrado piauiense. **Bragantia**, v.72, n.3, p. 237-246, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/brag.2013.041>

PAN, B.; LAM, S.K.; MOSIER, A.; LUO, Y.; CHEN, D. Ammonia volatilization synthetic fertilizers and its mitigation strategies: A global synthesis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.232, p. 283-289, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.019>

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ZUFFO, A. M.; PIAUILINO, A. C.; XAVIER, Z. F.; SANTOS, J. M.; MIRANDA, J. M. S. Desempenho de plantas de cobertura submetidas à déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p. 3307-3320, 2013. DOI: [10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3307](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3307)

RODRIGUES, F.; MELO, P. G., RESENDE, C. L. P.; MROJUNSKI, F.; MENDES M R. C.; SILVA, M.A. Aptidão de híbridos de milho para consumo *in natura*. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n. 2, p. 484-492, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA17216>

ROSOLEM, C. A.; VICWNTINI, J. P. M. M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação residual em um Latossolo Vermelho do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n. 5, p. 1507-1515, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500015>

SILVA JUNIOR, A. B.; FERREIRA, P. V.; CUNHA, J. L. X. L.; LIRA, R. C.; CARVALHO, I. D. E. Desempenho produtivo de genótipos de milho sob diferentes arranjos espaciais para a produção de silagem. **Ciência Agrícola**, v.15, n.2, p. 1-10, 2017. DOI: <https://doi.org/10.28998/rca.v15i2.3034>

SILVA, A. F.; LAZARINI, E. Doses e épocas de aplicação de potássio na cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p. 179-192, 2014. DOI: <https://orcid.org/0000-0001-5394-0635>

SKONIESKI, F. R.; NORBERG, J. L.; KESSLER, J. D.; DAVID, D. B.; AZEVEDO, E. B.; BRUNING, G.; PIMENTEL, C. M. M. Corn plant arrangement and its effect on silage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, n.3, p. 114-119, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000300002>

Soil Survey Staff. 2022. Keys to Soil Taxonomy, 13th edition. USDA Natural Resources Conservation Service.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. [Cerrado: Soil Correction and Fertilization.]. Brasília (DF): Embrapa Informação tecnológica. Portuguese, 2004.

TIMOSSI, P. C.; SILVA JUNIOR, H. R.; LIMA, S. F.; CASTRO, R.; ALMEIDA, D. P. Adubação antecipada com fertilizantes orgânico e mineral associado à crotalárias na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.3, p. 499-508, 2016. DOI: [10.18512/rbms.v15i3.600](https://doi.org/10.18512/rbms.v15i3.600)

UENO, R. K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; REINERHR, L. L.; ROCZYNEK, M.; MICHALOVICZ, L. Exportação de macronutrientes do solo em área cultivada com milho para alimentação de bovinos confinados. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.301-3018, 2013. DOI: [10.5433/1679-0359.2013v34n6p3001](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6p3001)

UENO, R. K.; NEUMANN, M.; MARFON, F.; ROSÁRIO, J. G. Dinâmica de nutrientes do solo e áreas destinadas à produção de milho para forragem. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.4, n.1, p. 182-193, 2011. DOI: [10.5777/PAeT.V4.N1.11](https://doi.org/10.5777/PAeT.V4.N1.11)

VELHO, J. P.; ZARDIN, P. B.; JOBIM, C. C.; HAYGERT-VELHO, I. M. P.; ALESSIO, D. R. M.; GIOTTO, Ê.; CONCEIÇÃO, G. M.; GEHRKE, C. R. Meta-analysis of corn plants, green fodder (ensilage), and silages of different types of maize hybrids used in experimental conditions in Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v.41, n.1, p.237-254, 2020. DOI: [10.5433/1679-0359.2020v41n1p237](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n1p237).

Table 1: Height, green biomass (GB), dry biomass (DB) and percentage of soil cover (SC) of *U. ruziziensis* plants.

K ₂ O applied to <i>U. ruziziensis</i> (kg ha ⁻¹)	Height	GB	DB	SC
	----- m -----	-----t ha ⁻¹ -----		-----%-----
0	56.5	11.2	2.0	61.3
30	52.7	10.2	1.9	62.9
60	53.6	18.0	3.2	68.9
90	54.9	12.7	2.2	69.0
120	45.2	11.0	2.1	58.0
150	50.3	13.6	2.6	61.6
Mean	52.2	12.8	2.3	63.6
cv%	13.6	15.6	14.1	5.6

Table 2: Concentrations of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulfur (S) in the earleaf of silage maize at growth stage R1.

K ₂ O applied to <i>U. ruziziensis</i> (kg ha ⁻¹)	K ₂ O applied to maize (kg ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----g kg-----					
0	120	24.7	3.5	30.6	7.1	2.2	2.2
30	90	24.9	3.6	31.9	6.9	2.1	2.2
60	60	24.2	3.1	29.6	6.1	1.9	2.0
90	30	25.7	3.6	31.9	7.0	2.0	2.1
120	0	25.8	3.3	26.7	6.8	2.0	2.1
150	0 (sowing and broadcast)	25.3	3.4	30.7	7.3	2.3	2.3
Fallow	60 (sowing) + 90 (broadcast)	25.3	3.4	31.4	6.5	2.0	2.2
Mean		25.1	3.4	30.4	6.8	2.1	2.1
cv%		6.0	10.0	6.8	10.1	10.7	6.0

Table 3: Agronomic traits in maize silage (*Zea mays*): ear insertion height (EH), plant height (PH), ear length (EL), ear diameter (ED), stem diameter (SD) and ears per plant (EPP) at growth stage R5.

K ₂ O applied to <i>U. ruziziensis</i> (kg ha ⁻¹)	K ₂ O applied to maize (kg ha ⁻¹)	EH -----m-----	PH	EL	SD	ED	EPP
		-----cm-----					
0	120	1.3	2.5	22.4	2.31	5.76a	1.1
30	90	1.3	2.4	23.1	2.36	5.78a	1.1
60	60	1.2	2.4	22.7	2.25	5.66ab	1.1
90	30	1.3	2.5	22.2	2.27	5.70ab	1.1
120	0	1.2	2.4	23.0	2.20	5.66ab	1.1
150	0 (sowing and broadcast)	1.2	2.3	22.8	2.31	5.71ab	1.1
Fallow	60 (sowing) + 90 (broadcast)	1.2	2.4	22.9	2.16	5.51b	1.1
Mean		1.2	2.4	22.7	2.27	5.68	1.1
cv%		9.4	6.0	2.8	8.0	1.5	7.1

*Means followed by the same letter in a column do not differ according to Tukey's test ($p \leq 0.05$).

Table 4: Green biomass (GB), dry biomass (DB) and percentage of dry matter (PDM) of silage maize (*Zea mays*) at growth stage R5.

K ₂ O applied to <i>U. ruziziensis</i> (kg ha ⁻¹)	K ₂ O applied to maize (Kg ha ⁻¹)	GB -----t ha ⁻¹ -----	DB	PDM %
0	120	41.2	16.7	0.39
30	90	44.1	18.4	0.41
60	60	38.9	16.7	0.42
90	30	38.5	16.7	0.43
120	0	47.8	20.9	0.43
150	0 (sowing and broadcast)	45.5	20.2	0.44
Fallow	60 (sowing) + 90 (broadcast)	41.1	18.0	0.43
Mean		42.4	18.2	0.42
cv%		17.9	22.6	8.52