

MODOS DE APLICAÇÃO E TIPOS DE ADUBOS POTÁSSICOS NO DESENVOLVIMENTO DE MILHO EM LATOSSOLO DE TEXTURA ARENOSA

Antonio Nolla¹, Marcos Otávio Costa Crepaldi¹, João Henrique Castaldo¹, Rafael Aurélio Rossato¹, Fernando Augusto Brandalise¹, Gabriel Fumagalli¹

¹Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus Regional de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR.
E-mail: nolla73@hotmail.com, motaviocrepaldi@hotmail.com, rafael_rossato@hotmail.com, fernandobrandalise@hotmail.com, gabrielumagalli@hotmail.com, jhcastaldo@bol.com.br

RESUMO: O milho possui importância econômica por ser o cereal mais produzido do mundo. Porém no Brasil as produtividades necessitam de incremento, o que pode estar relacionado com a escolha dos fertilizantes potássicos e também em função da forma de utilização do insumo. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento inicial do milho, submetido a tipos e modos de aplicação de fertilizantes potássicos em um Latossolo de textura arenosa do noroeste paranaense. Para tal, o experimento foi conduzido em vasos de polipropileno (21 litros), que foram preenchidos com um o Latossolo Vermelho distrófico típico que serviu como base experimental. Os tratamentos consistiram da aplicação de 140 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio com e sem (tradicional) encapsulamento, os quais foram incorporados 100% em semeadura, 75% em semeadura e 25% em cobertura, 50% em semeadura e 50% em cobertura, 25% em semeadura e 75% em cobertura e 100% em cobertura. O delineamento foi fatorial em blocos casualizados com 4 repetições. Posteriormente, o milho foi semeado nos vasos, que foram mantidos úmidos durante 60 dias de desenvolvimento da cultura. Aos 60 DAE, as plantas foram colhidas e avaliou-se altura, diâmetro do colmo, matéria seca e fresca da parte aérea. O solo foi separado das raízes e avaliou-se o acúmulo de matéria seca e fresca do sistema radicular e o comprimento e raio radicular. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A aplicação de cloreto de potássio aumentou o crescimento da parte aérea e do sistema radicular do milho. O KCl tradicional sem revestimento apresentou maior acúmulo de matéria seca e fresca da parte aérea de milho que o fertilizante encapsulado. O KCl revestido apresentou maior acúmulo de matéria seca e fresca e comprimento de radicular e apresentou menor raio radicular de milho. O maior desenvolvimento e crescimento da parte aérea e radicular de milho ocorreu com a aplicação de 75% do KCl na semeadura + 25% em cobertura e nos tratamentos com aplicação de 50% de KCl em semeadura e 50% em cobertura.

PALAVRAS-CHAVE: Zea mays, potássio revestido, fertilização parcelada.

WAYS OF APPLICATION AND TYPES OF POTASSIC FERTILIZERS IN THE MAYZE DEVELOPMENT IN A SANDY OXISOIL

ABSTRACT: Corn is economically important because it is the most produced cereal in the world. However in Brazil, the productivities need to be increased, which may be related to the choice of potassic fertilizers and also depending on the use of the input. The objective of this study was to evaluate the initial development of corn submitted to types and methods of potassic fertilization in a sandy Oxisol of northwestern Paraná. For this, the experiment was conducted in polypropylene (21 liters) pots, which were filled with an Oxisoil that served as an experimental basis. The treatments consisted of the application of 140 kg ha⁻¹ with potassium chloride with and without

(traditional) encapsulation, which were 100% incorporated in sowing, 75% in sowing and 25% in cover, 50% in sowing and 50% in sowing. coverage, 25% in sowing and 75% in coverage and 100% in coverage. The design was a randomized complete block design with 4 replicates. Subsequently, maize was seeded in pots, which were kept moist for 60 days of crop development. At 60 DAE, the plants were harvested and evaluated for height, stem diameter, dry matter and fresh shoot. The soil was separated from the roots and the accumulation of dry and fresh matter of the root system and root length and radius were evaluated. Data were submitted to analysis of variance and compared by the Tukey test at 5% probability. Potassium chloride application increased the growth of shoot and root system of maize. Traditional uncoated KCl presented greater accumulation of corn dry and fresh matter of the aerial part than the encapsulated fertilizer. Coated KCl presented higher dry and fresh matter accumulation and root length and presented lower corn root radius. The highest development and growth of corn shoot and root occurred with the application of 75% of the KCl in sowing + 25% in coverage and in the treatments with 50% application of KCl in sowing and 50% in coverage.

KEYWORDS: *Zea mays*, potassium coated, parceled fertilization.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é o cereal mais produzido no mundo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor deste grão. Entretanto sabe-se que a produtividade média brasileira é baixa (4.994 kg ha^{-1}), quando o comparada com a China (5.820 kg ha^{-1}) e os Estados Unidos ($10.730 \text{ kg ha}^{-1}$) (ABIMILHO, 2015). A sua utilização é de grande importância sendo utilizado como base em rações principalmente para aves e bovinos, e empregado na alimentação humana através de produtos ou derivados. Segundo CONAB (2017), na safra 2017/18 estima-se uma produção de milho no Brasil em torno de 227,5 milhões de toneladas, sendo a expectativa de produtividade para este ano de 3.075 kg ha^{-1} , o que indica baixa capacidade produtiva da cultura. Entre os fatores responsáveis pela baixa produtividade nas áreas de produção de milho, destaca-se os baixos teores de nutrientes no solo e a forma inadequada do uso de corretivos e fertilizantes (Coelho e França, 1995).

Os solos brasileiros possuem deficiência natural de potássio, o que justifica a utilização de fertilizantes potássicos na cultura do milho principalmente em lavouras mais tecnificadas onde se objetiva aumentar a produtividade (Fancelli, 1997). Para a cultura do milho, o potássio é o segundo nutriente mais absorvido, onde cerca de 30% são exportados para os grãos (Coelho et al. 2007). O fertilizante potássico mais utilizado é o cloreto de potássio (KCl), o que está associado ao baixo preço quando comparado com outros adubos potássicos, pois o KCl é matéria prima utilizada para fabricação de outros fertilizantes disponíveis no mercado (Ernani et al., 2007).

Em relação à dinâmica do potássio, a principal forma de perda de potássio aplicado no solo se caracteriza pela lixiviação. Estas perdas variam de acordo com o teor de potássio disponível, pelo clima da região e o tipo do solo. Esse problema é favorecido em solos de textura arenosa ($<150 \text{ g kg}^{-1}$ de argila), os quais possuem baixa ($<7,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) CTC, o que reduz a capacidade de adsorção de cátions monovalentes, como o potássio, no sistema coloidal (Sousa e Lobato, 2004, Pauletti e Motta, 2017). Outro problema que pode ser evidenciado em solos de baixa CTC tem sido a utilização de doses elevadas de fertilizantes potássicos ($>100 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O) quando o solo apresenta teores de potássio disponíveis nos níveis muito baixo e baixo (CQFS, 2016; Pauletti & Motta, 2017). Nestas condições, a elevada dosagem de adubo potássico necessário para restabelecer o potencial produtivo pode prejudicar a germinação, ocasionar queima das radículas e o que acaba prejudicando o crescimento de plantas. Isto ocorre porque o fertilizante tradicionalmente utilizado (KCl) para as culturas anuais, como milho, possui elevada (116) salinidade, o que confere uma elevada (340 g L^{-1}) solubilidade deste produto no solo (Ribeiro et al., 1999; Raij, 2011). Assim, recomenda-se parcelar em duas aplicações, se a dose for maior que $60\text{-}80 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 em solos cultivados, utilizando metade da adubação na semeadura e o restante em cobertura (Coelho e França, 1995, Pauletti & Motta, 2017).

Apesar dos benefícios do parcelamento, em função dos efeitos de menores problemas de lixiviação, (Coelho e França, 1996) observaram em um Latossolo Vermelho de textura argilosa que a adubação potássica em cobertura apresentou efeito negativo na cultura do milho. Porém em solos que possuem baixa concentração de K ($<$, é justificável a aplicação parcelada até 30 dias após o plantio. Assim, aplicações de altas doses ($> 100 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 – CQFS, 2016) de adubo potássico a lanço em solos que possuem teores baixos ($<47 \text{ mg dm}^{-3}$ – Pauletti e Motta, 2017) teores de K disponível poderão promover efeitos negativos no desenvolvimento das plantas em situações de déficit hídrico onde o deslocamento do K deverá ser menor (Raij et al., 1997; Ernani et al., 2007). Isso pode ocasionar atraso no crescimento das plantas, ou seja, justifica-se identificar qual o manejo correto da adubação potássica capaz de poder otimizar a utilização K disponível pelas plantas de interesse comercial (Werle et al., 2008).

Na busca por minimizar problemas relacionados com as perdas por lixiviação, as quais podem atingir 50-70% (Wu & Liu, 2008) e também pelo efeito salino do uso de fertilizantes potássicos, as indústrias tem proposto a fabricação de adubos revestidos. Estes produtos são revestidos por polímeros, os quais apresentam como característica a liberação gradual dos

nutrientes no solo, de forma a reduzir as perdas por lixiviação e também minimizar problemas relacionados com o efeito de salinidade dos fertilizantes. O processo de industrialização dos fertilizantes encapsulados por polímeros promove, quando aplicados no solo, a absorção de água disponível em solução, de forma que é possível ocorrer uma solubilização dos nutrientes dentro do grânulo revestidos/encapsulado. Assim, irá ocorrer a liberação gradativa dos nutrientes do fertilizante à medida que houver a dissolução do revestimento do adubo, atendendo de forma mais homogênea e contínua a necessidade da planta. (Tomaszewska et al., 2002; Novais et al., 2007). Variáveis como a espessura e a natureza química da resina de recobrimento, a quantidade de microfissuras em sua superfície e o tamanho do grânulo do fertilizante determinam a taxa de liberação de nutrientes ao longo do tempo (Girardi e Mourão Filho, 2003).

Esta tecnologia alternativa pode ser eficiente na fertilização potássica (Valderrama et al., 2011), porque pode reduzir problemas de perdas de potássio por lixiviação, aumentar a produtividade das culturas, aumentar a lucratividade do produtor, além de causar menores impactos ambientais (Valderrama et al., 2009). Entretanto ainda são escassos os resultados a respeito do uso de adubos potássicos revestidos no Brasil (Rodrigues et al., 2014), especialmente em solos de textura arenosa, o que justifica a necessidade de elucidar o real efeito deste tipo de fertilizante potássico aplicado no solo.

O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial do milho, submetido à formas de aplicação de cloreto de potássio tradicional e revestido em um Latossolo Vermelho distrófico típico do noroeste paranaense.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Maringá no Campus Regional de Umuarama - PR, localizada na latitude 23° 47' 27.8" Sul, longitude 53° 15' 25.4" Oeste. Utilizou-se de um Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2013) de textura arenosa (120 g kg⁻¹ de argila) que serviu com base experimental, cuja caracterização química original do solo está descrita na Tabela 1.

O experimento foi conduzido em vasos plásticos flexíveis para mudas de 21 litros (30 cm de base superior; 22,5 cm de base inferior e altura de 38,5 cm), os quais foram preenchidos por amostras (0-20 cm) do Latossolo Vermelho distrófico típico que serviu como base experimental. Este solo foi previamente corrigido com calcário dolomítico (PRNT 75%) na dose equivalente a

1,3 t ha⁻¹, para elevar a saturação por bases até 70% (Pauletti & Motta, 2017). O solo foi incubado e mantido úmido durante 11 dias antes da aplicação dos tratamentos.

Tabela 1. Caracterização química da camada (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho distrófico típico sob campo natural que servirá como base experimental

pH (CaCl ₂)	Ca	Mg	Al	K	P	SB	H+Al	T	V	M.O
	-----	cmol _c dm ⁻³	-----		----mg m ⁻³ ----	-----	cmol _c dm ⁻³	----	%	g kg ⁻¹
4,00	1,13	0,63	1,30	0,10	2,13	1,86	4,12	5,98	31,14	8,46

Ca, Mg, Al = extrator KCl 1 mol L⁻¹; P, K, Cu, Zn, Fe, Mn, Na = (Extrator de Mehlich⁻¹); SB = soma de bases; H+Al = acidez potencial (Acetato de cálcio); T= CTC pH 7,0; V= Saturação por bases; M.O.= matéria orgânica (Walkley-Black).

Os tratamentos consistiram da aplicação de KCl tradicional e KCl encapsulado com modos de aplicação 100% incorporado, 75% incorporado e 25% em cobertura, 50% incorporado e 50% em cobertura, 25% incorporado e 75% em cobertura, e 100% em cobertura, além da testemunha sem utilização de KCl. O delineamento foi fatorial 2 (tipo de adubo potássico) x 6 (modos de aplicação) com 4 repetições. No solo dos vasos, aplicou-se 90 kg de N e 120 kg ha⁻¹ P₂O₅ conforme recomendação de Pauletti e Motta (2017).

Semeou-se milho (Híbrido Agrocere AG 9010PRO), previamente tratado com fungicidas e inseticidas. Aos 20 dias após a emergência (DAE) foi realizada a adubação potássica de cobertura nos tratamentos onde se recomendava o parcelamento da fertilização. Efetuou-se o desbaste (20 DAE), perfazendo 2 plantas por vaso. Durante o cultivo foi efetuado o monitoramento da incidência de plantas daninhas, as quais foram eliminadas manualmente. Durante o cultivo do milho, a umidade foi mantida com precipitação natural e através da irrigação nos períodos de seca.

A colheita foi realizada após 65 DAE, de forma que as plantas foram cortadas na base do caule, avaliando-se a altura, diâmetro do caule, massa fresca e seca (seca em estufa a 65 °C até atingir massa constante) da parte aérea. O solo dos vasos foi separado das raízes, nas quais avaliou-se o acúmulo de matéria fresca e seca (seca a 65°C até massa constante) radicular, comprimento radicular, determinado pelo método de Tennant (1975) e o raio da raiz, utilizando-se da fórmula descrita por Barber (1995).

Amostras (0-20 cm) de solo dos vasos foram coletadas, secas na sombra, moídas e tamisadas (2 mm). Determinou-se o potássio disponível extraído pelo método Mehlich-1 e analisado com fotômetro de chama; o fósforo foi extraído pelo método Mehlich-1, e determinado com calorímetro

UV-visível. Os atributos químicos do solo foram avaliados conforme a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

Os dados foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000). Quando significativos, os dados de forma e os tipos de fertilizantes potássicos foram testados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação potássica contribuiu para acréscimo de altura de planta demonstrando um efeito significativo para a forma de adubação ($P \leq 0,05$). A altura não foi influenciada pelo uso do cloreto de potássio encapsulado, quando comparado com o fertilizante potássico tradicional, sem recobrimento. A maior altura de plantas verificou-se com a aplicação de cloreto de potássio no tratamento 75% no plantio e 25% em cobertura para adubação de KCl normal e revestido, e para 50% em plantio e 50% cobertura apenas para KCl revestido em comparação com a testemunha (figura 1 - A). Observou-se um aumento de 24,25, 19,75 e 19,88 cm vaso, respectivamente para os tratamentos descritos acima, comparando-os com valores das testemunhas. Essa diminuição de internódios e crescimento de plantas está correlacionado a deficiência de K (Ernani et al., 2007). Assim o incremento dos teores de K através da adubação leva à maior disponibilização do nutriente para planta, que é utilizado como ativador de mais de 60 enzimas na planta, sendo de suma importância para expansão do volume celular (Rodrigues et. al., 2014), sendo importante para processos como fotossíntese, respiração celular e síntese e metabolismo de carboidratos (Malavolta e Crocomo, 1982).

A adubação potássica para diâmetro não variou significativamente em função da forma de adubação, tipo de adubo e interação dos dois fatores ($P \geq 0,05$). Provavelmente isso ocorreu porque o potássio se relaciona pouco com o diâmetro, a disponibilidade de N é que está correlacionada diretamente com esse fator (Santos et al., 2014). O uso de doses de N aumentou o diâmetro do colmo nas plantas de minimilho (Soratto et al., 2010). Assim, o uso da mesma dose de adubação nitrogenada (90 kg ha^{-1} de N) gerou uniformidade no diâmetro do milho nos vasos (figura 1 - B).

O acúmulo de matéria fresca e seca de planta apresentou significância para a forma de adubação, tipo de adubo e interação dos dois fatores ($P \leq 0,05$). Observou-se com o uso dos fertilizantes potássicos um aumento de matéria seca e fresca (Figura 1c, d) que além de ser influenciado pelo aumento de área foliar, pode ser explicado pelo acúmulo e pico de absorção de

matéria seca condizer-se ao mesmo período que ocorre a maior absorção de potássio pelo milho, ou seja, até o estágio de florescimento (Karlen et al., 1988), apresentando uma correlação positiva para produção de matéria seca de colmo e folhas (Overman et al., 1995). O maior acúmulo de matéria seca ocorreu quando aplicou-se 75% de KCl no plantio e 25% em cobertura para o uso de KCl normal, e quando aplicou-se 50% em plantio e 50% em cobertura para o KCl revestido (Figura 1 - C e D). O aumento significativo da matéria fresca pode ser proveniente pelo fato de o K participar de vários processos enzimáticos correlaciona-o inteiramente com processos de assimilação de CO₂ e nitrogênio (Bull e Cantarella, 1982), sendo assim mais eficaz na utilização de luz que está correlacionada ao aumento de área foliar proporcionado pelo nutriente (BORGES, 2006). Quando se compara os dois fertilizantes potássicos, percebe-se,

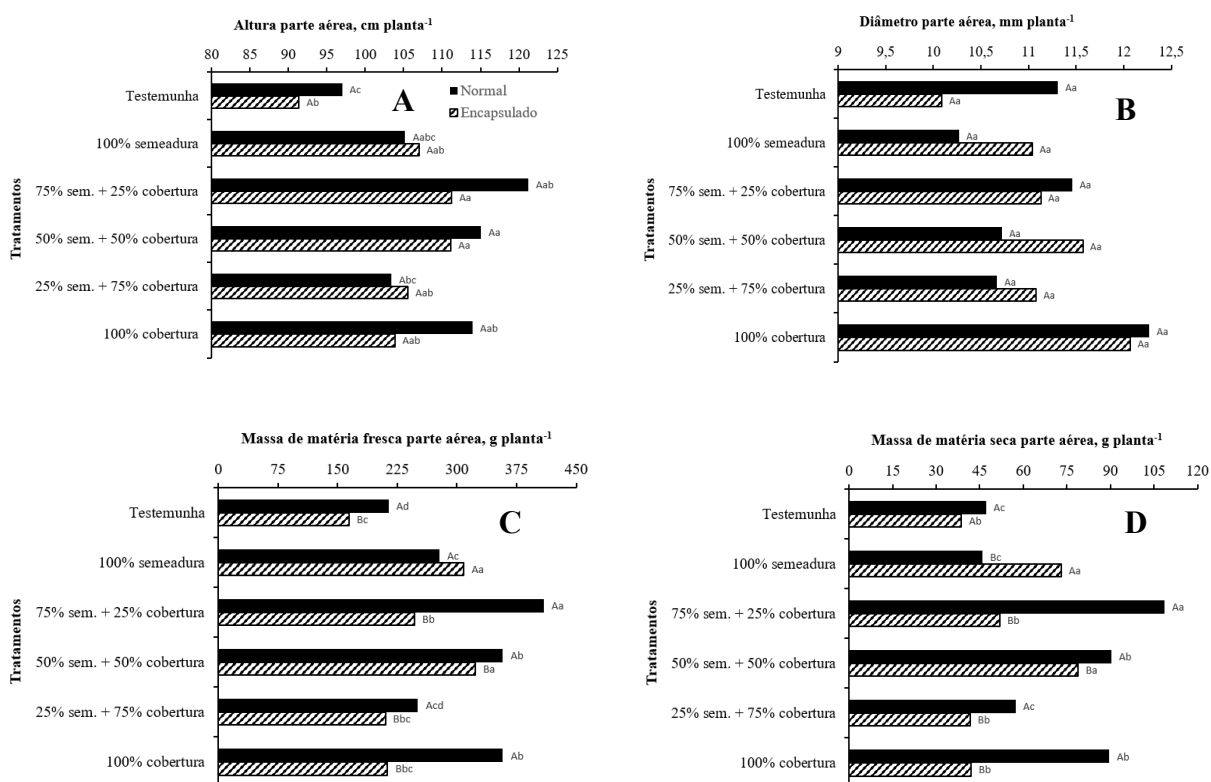


Figura 1 – Altura (A), diâmetro (B), acúmulo de massa de matéria fresca (C) e seca (D) de plantas de milho em função de modos de aplicação de KCl tradicional ou KCl revestido em um Latossolo Vermelho distrófico típico.

que, de modo geral, o fertilizante potássico tradicional sem revestimento proporcionou maior acúmulo de matéria seca e fresca da parte aérea das plantas, demonstrando a menor eficiência no

fertilizante potássico revestido no acúmulo de matéria seca aérea (Figura 1c, d). Isto pode ter ocorrido em função do curto período (65 dias) avaliado, uma vez que os problemas de lixiviação do potássio no solo se acentuam durante o cultivo (Mello et al., 1989). Assim, nas plantas que finalizam o seu ciclo certamente o uso de fertilizantes revestidos poderão apresentar melhores resultados, de forma a demonstrar seu efeito na capacidade de disponibilidade de potássio de forma gradual.

Em relação ao sistema radicular (Figura 2), percebe-se que houve diferença entre os tipos de adubos potássicos e entre as formas de aplicação dos dois fertilizantes. O maior acúmulo de matéria fresca (Figura 2a) e seca (figura 2b) e no comprimento do sistema radicular (Figura 2c) ocorreram com a aplicação de KCl revestido, ao contrário do que ocorreu com a

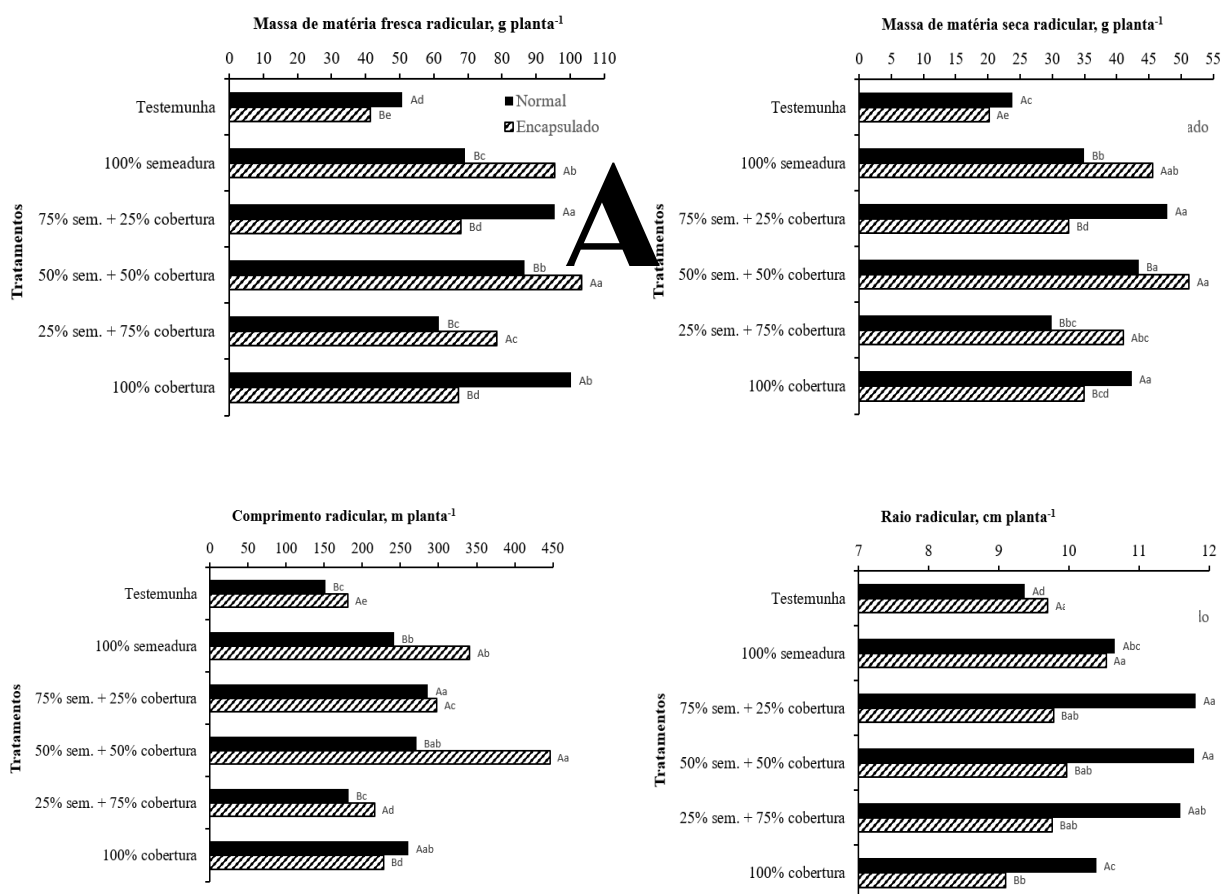


Figura 2 – Acúmulo de massa de matéria fresca (A) e seca de raiz (B) e comprimento (C) e raio radicular (D) em função de modos de aplicação de KCl tradicional ou KCl revestido em um Latossolo Vermelho distrófico típico.

parte aérea. Provavelmente, se a planta continuasse sendo cultivada iria ocorrer também um incremento no acúmulo de matéria seca aérea. Além disso, é importante observar que a parte mais sensível da planta à acidez e à falta de nutrientes na planta é a raiz (Ritchey et al., 1982 e 1983). Assim, com o aumento no acúmulo de matéria seca no período de 65 dias de cultivo, provavelmente, as mesmas estarão com maior capacidade de promover aumento no acúmulo de matéria seca da parte aérea, e pode ocorrer maior capacidade produtiva das plantas que foram adubadas com fertilizante potássico encapsulado. De modo geral, percebe-se que entre as formas de aplicação do adubo potássico, percebe-se que a aplicação de cloreto de potássio 100% em cobertura e 75% no plantio + 25% em cobertura e o tratamento com 50% em semeadura e 50% em cobertura para os parâmetros matéria seca e fresca radicular e comprimento radicular (Figura 2a, b, c). A exceção é o raio radicular (Figura 2d), no qual o maior raio radicular ocorreu com o uso de fertilizante tradicional, principalmente nos tratamentos onde se aplicou-se 75% no plantio + 25% em cobertura e o tratamento com 50% em semeadura e 50% em cobertura (Figura 2d). Isto deve ter ocorrido pois nos casos onde o sistema radicular apresenta estresse biótico, como a falta de água ou de nutrientes, ocorre inicialmente redução no comprimento e posterior engrossamento no sistema radicular (Salisbury & Ross, 1991), conforme observado no presente trabalho. Assim, isso confirma que no decorrer do tempo de cultivo, principalmente após a metade do ciclo das plantas, nos tratamentos com uso de fertilizante potássico tradicional, as plantas podem apresentar maior problemas relacionados à carência por nutrientes em função da lixiviação do nutriente disponível em solução.

CONCLUSÕES

O milho aumentou o crescimento da parte aérea e do sistema radicular com a adubação potássica. A aplicação de KCl tradicional proporcionou maior acúmulo de matéria seca e fresca da parte aérea de milho que o fertilizante encapsulado. No entanto, o KCl revestido apresentou maior acúmulo de matéria seca e fresca e comprimento de radicular e apresentou menor raio radicular de milho quando comparado com o KCl tradicional.

O maior desenvolvimento e crescimento da parte aérea e radicular de milho ocorreu com a aplicação de 75% do KCl na semeadura + 25% em cobertura e nos tratamentos com aplicação de 50% de KCl em semeadura e 50% em cobertura.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO – ABIMILHO. **9º Acompanhamento da Safra de Milho Total; Safra de Milho mundo**: estatísticas do ano de 2015. São Paulo: Associação Brasileira das Indústrias de Milho, 2015. Disponível: <http://www.abimilho.com.br/estatisticas/acompanhamento-da-safra>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability**: a mechanistic approach. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 414p.
- BORGES, I. D. **Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho**. 2006. 115p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, 2006.
- BULL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAGOS, 1993. 301p.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1995, 25p.
- COELHO, A. M.; DURAES, F. O. M; FRANÇA, G. E.; OLIVEIRA, A. C. **Parcelamento da adubação potássica e nitrogenada na eficiência de absorção e produção de grãos de milho sob condições irrigadas**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21, 1996, Londrina. Anais. Gramado: IAPAR, p 170.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. **Fertilidade dos solos: nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 12p.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira – grãos, décimo quarto levantamento**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2017, 134p.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: SBRS/NRS, 2016. 376 p.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Milho: Ecofisiologia e rendimento. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: ESALQ, USP, 1997. p.157-170.

FERREIRA, D.F. **Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0.** In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos. **Anais.** São Carlos: UFSCar, p.255-258.

GIRARDI, E. A.; MOURÃO FILHO, F. A. A. Emprego de fertilizantes de liberação lenta na formação de pomares de citros. **Revista Laranja**, Cordeiropolis, v.24, p.507-518, 2003.

KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Nutrient and dry matter accumulation rates for high yielding maize. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.10, n.9, p. 1409-1417.

MALAVOLTA, E. CROCOMO, O. J. O potássio e a planta. In: YAMADA, T.; IGUE, K; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N. R. (Ed.) **Potássio na agricultura brasileira.** Piracicaba, Instituto da potassa e fosfato, Instituto internacional da potassa, 1982 p. 95-162.

MELLO, F. de A. F. de; BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do; ARZOLLA, S. **Fertilidade do solo.** 3.ed. Piracicaba: Nobel, 1989. 400p.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo.** Viçosa: SBCS, 2007. 1017 p.

OVERMAN, A.R.; WILSON, D.M.; VIDAK, W.; ALLANDS, M.N.; PERRY JUNIOR, T.C. Model for partitioning of dry matter and nutrients in corn. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.18, n.5, p.959-968, 1995.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. **Recomendação de adubação e calagem para o estado do Paraná.** Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482 p.

RAIJ, B. VAN.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, Â. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Instituto agrônômico / Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim técnico 100)

RAIJ, B. Van **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes.** Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. 359p.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; COSTA, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. **Soil Science**, Baltimore, v.133, p. 378-382, 1982.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; COSTA, U.F. Relação entre o teor de cálcio no solo e o desenvolvimento de raízes avaliado por um método biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 269-275, 1983.

RODRIGUES, M. A. C.; BUZETTI, S.; FILHO, M. C. M. T.; GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campo Grande, v.18, n.2, p.127-133, 2014.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4.ed. California: Wadsworth Publishing, 1991. 682 p.

SANTOS, R. F.; INOUE, T. T.; SCAPIM, C. A.; CLOVIS, L. R.; MOTERLE, L. M.; SARAIVA, F. C. S. Produtividade do minimilho em função das adubações nitrogenada e potássica. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n.1, p. 121-129, 2014.

SORATTO, R. P.; PEREIRA, M.; COSTA, T. A. M.; LAMPERT, V. N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista ciência agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 511-518, 2010.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação** 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: DPS/UFRGS, 1995. 174p.

TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Apply Ecology**, Oxford, v. 63, p.995-1001, 1975.

TOMASZEWSKA, M.; JARPSOEWICZ, A.; KARAKKULSKI, K. Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. **Desalination**, Pulaskiego, v.146, p.319-323, 2002.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 191-196, 2009.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n. 2, p.254-263, 2011.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa vol.32, n.6, p. 2297-2305, 2008.

Wu, L.; Liu, M. Preparation and properties of chitosancoated NPK compound fertilizer with controlled-release and waterretention. **Carbohydrate Polymers**, Xinfu, v.72, p.240-247, 2008.