

Adubação antecipada e formas de distribuição do fertilizante na semeadura do milho

Anticipated fertilization and fertilizer distribution ways on maize seeding

Fertilización anticipada y formas de distribuir el fertilizante en la siembra del maíz

Recebido: 23/03/2021 | Revisado: 03/04/2021 | Aceito: 14/05/2021 | Publicado: 30/05/2021

André Luis Máximo da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6598-562X>
Universidade Federal de Viçosa, Brasil
E-mail: almaximos187@gmail.com

Élcio Hiroyoshi Yano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4326-4543>
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil
E-mail: elcio.yano@unesp.br

Giovana Guerra Mariano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3248-6119>
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil
E-mail: giovana_guerra@outlook.com

Vanessa Dias Rezende Trindade

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7475-1227>
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil
E-mail: vanessadrtrindade@gmail.com

Vinícius Molina Rosaboni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2137-9844>
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil
E-mail: viniciusmolina.r@gmail.com

Silvio Henrique Rezende Saraiva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5607-2703>
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil
E-mail: silviohenriquedm@hotmail.com

Joana Aparecida Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8272-1079>
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil
E-mail: joana.ap.jr@gmail.com

Resumo

A antecipação e a distribuição a lanço do adubo aumentam a eficiência operacional da semeadura do milho por dispensar a necessidade de abastecimento com adubo na semeadora. O objetivo do trabalho foi estudar a antecipação e formas de adubação de semeadura do milho visando aumentar a eficiência operacional, e performasse de atributos agrônômicos com adubação a lanço após a semeadura seguida da distribuição da palhada sobre a superfície do solo em sistema de plantio direto (SPD). O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Ilha Solteira-UNESP em Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil. A cultivar escolhida foi a VT PRO 2. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 10 tratamentos: efeito residual da haste, adubo a lanço 30 dias antes da semeadura (DAS) e no dia; adubo a lanço 30 DAS e no dia; adubação a lanço e manejo da vegetação com triturador horizontal de palha; incorporação do adubo com haste e disco 30 DAS e dia de semeadura; efeito residual da haste semeado sem adubo e semeadura sem adubo. Massa seca de plantas, produtividade de grãos e outras variáveis foram analisadas. Produtividade de grãos foram semelhantes entre os tratamentos. Produção de massa seca de plantas foi maior com o triturador. Produtividade de grãos foi semelhante com modos de distribuição e período de aplicação do adubo em SPD, a adubação antecipada a lanço aos 30 dias aumenta a eficiência operacional da semeadura. O uso do triturador aumenta a produção de massa seca de plantas em SPD.

Palavras-chave: Mecanismos Sulcadores; Sistema de plantio direto; Triturador horizontal de palha; *Zea mays* L.

Abstract

Anticipation and spreading of fertilizer increase the operational efficiency of maize sowing by eliminating the supply of fertilizer in the sowing machine. This work aimed to study the anticipation and ways of fertilization of maize sowing in order to increase operational efficiency, and performance of agronomic attributes with fertilization by haul after sowing followed by the distribution of straw over the soil surface in no tillage system (no-till). The experiment was carried out at the Teaching, Research and Extension Farm of Ilha Solteira-UNESP in Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brazil. The maize cultivar chosen was VT PRO 2. It was used a randomized block design, with 10 treatments: residual effect of the stem, fertilizer spreading 30 days before sowing (DBS) and on the day; fertilizer spreading 30 DBS and in the day; fertilizer spreading and vegetation management with a horizontal straw crusher; incorporation of

the fertilizer with stem or disk 30 DBS and sowing day; residual effect of the stem sown without fertilizer and sowing without fertilizer. Dry mass of plants, grain yield and other variables were analyzed. Grain productivity was similar between treatments. Plant dry mass production was higher with the crusher. Grain productivity is the same in the distribution modes and fertilizer application period in no-till, early fertilization by haul at 30 days increases the operational efficiency of sowing. The use of the crusher increases the dry mass of plants production in no-till.

Keywords: Furrowing mechanisms; No tillage system; Horizontal straw crusher; *Zea mays* L.

Resumen

La anticipación y distribución de fertilizante aumenta la eficiencia operativa de la siembra de maíz al eliminar el suministro de fertilizante en la máquina sembradora. Este trabajo tuvo como objetivo estudiar la anticipación y formas de fertilización de la siembra de maíz para aumentar la eficiencia operativa, el desempeño de los atributos agronómicos con fertilización por lance después de la siembra seguida de la distribución de la paja sobre la superficie del suelo en el sistema de labranza cero (SLC). El experimento se realizó en la Finca de Enseñanza, Investigación y Extensión de Ilha Solteira-UNESP en Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil. El cultivar elegido fue VT PRO 2. El diseño utilizado fue totalmente causalizado, con 10 tratamientos: efecto residual del tallo, abono a utilizar 30 días antes de la siembra (DAS) y en el día; fertilizante a los 30 DAS y al día; abonado del acarreo y manejo de la vegetación; incorporación del abono con 30 DAS de tallo o disco y día de siembra; efecto residual del tallo sembrado sin abono y siembra sin abono. Se analizó la masa seca de plantas, rendimiento de grano y otras variables. Productividad del grano fue similar entre tratamientos. Producción de masa seca de la planta fue mayor con la trituradora. Productividad del grano es la misma en los modos de distribución y el período entre tratamientos, la fertilización temprana por lance aumenta la eficiencia operativa de la siembra. La trituradora aumenta la producción de masa seca de las plantas en SLC.

Palabras clave: Mecanismos de ranurado; Siembra directa; Trituradora de paja horizontal; *Zea mays* L.

1. Introdução

A cultura do milho (*Zea mays* L.) se destaca no cenário produtivo brasileiro, com área plantada na safra 2019/2020 de 18,2 milhões de hectares e produção estimada em 101,9 milhões de toneladas com produtividade 0,88% maior que na safra 2018/2019 (CONAB, 2020). A produtividade do milho é maior em sistema de plantio direto (SPD) devido ao aumento dos teores de nutrientes e melhoria das características físicas do solo (Silva, et al., 2017; Fornari, et al., 2020).

O SPD une técnicas conservacionistas na produção de alimentos com melhor custo/benefício e menor impacto ambiental (Zhang, et al., 2018). Restos vegetais pós-colheita, deixados sobre o solo, aumentam a taxa de decomposição devido à maior atividade microbiana (Quadros, et al., 2012). O sistema melhora os atributos físicos do solo e, conseqüentemente, as condições para o desenvolvimento das plantas com acréscimo da matéria orgânica e melhora das condições químicas pela mineralização da mesma (Guareschi, et al., 2012).

O acúmulo de palhada sobre o solo, característico em SPD, aumenta problemas na implantação de culturas, como maior dificuldade para abertura adequada dos sulcos, aderência do solo nos componentes mecânicos, profundidade desuniforme de sementes e adubo, cobertura deficiente no sulco de semeadura, contato inadequado das sementes com o do solo e embuchamento por restos vegetais (López, et al., 2018; Nepomuceno, et al., 2019). A qualidade da semeadura depende da regulagem correta da semeadora-adubadora para um melhor corte da palha, abertura de sulcos homogêneos, deposição adequada de sementes e uma boa germinação (Zhang, et al., 2018).

Mecanismos sulcadores integrados à semeadora-adubadora, rompem a camada superficial do solo durante a semeadura incorporando o adubo. Semeadoras-adubadoras, utilizadas em sistema de plantio direto, são constituídas por um disco duplo e haste sulcadora com desempenho variando com a quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo (Silva, et al., 2018).

A trituração da palhada com triturador horizontal ligado à um trator, fraciona e distribui, uniformemente, esse material na superfície do solo minimizando as complicações durante a semeadura (Vilela, et al., 2012). O manejo dos resíduos culturais aumenta a área de contato e a velocidade de decomposição, afetando a distribuição dos resíduos no solo (Costa, et al., 2014).

A antecipação da adubação aumenta a eficiência operacional da prática por dispensar a necessidade de abastecimento

com adubo durante a operação, necessitando que faça o abastecimento da semeadora apenas com grãos, semeando áreas agrícolas em menor tempo (Matos, et al., 2006). A antecipação efetuada a lanço aumenta a área aplicada de adubo comparada com a semeadora, tratores menos potentes podem ser usados gastando-se menos combustível (Guareschi, et al., 2008).

O objetivo do presente trabalho foi estudar a antecipação e formas de adubação de semeadura do milho visando aumentar a eficiência operacional dessa prática, e performasse de atributos agrônômicos com adubação a lanço após a semeadura seguida da distribuição da palhada sobre a superfície do solo.

2. Metodologia

2.1 Localização e caracterização da área experimental

O milho foi semeado em uma área com irrigação complementar por pivô central e sistema plantio direto com 37,5 anos de implantação na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira em Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil (20°20'46"S e 51°24'28"W), a semeadura do milho ocorreu no dia 09 de fevereiro de 2018, estação de outono-inverno.

O solo da região foi classificado como latossolo vermelho distrófico típico argiloso utilizando as normas técnicas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2013). A vegetação predominante da região é de cerrado, com declividade de 0,025 mm⁻¹ e a altitude de 335 m. O clima é caracterizado como tropical úmido, Aw conforme classificação de Köppen, com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

2.2 Tratamentos e condução do experimento

A adubação realizada aos trinta dias antes da semeadura (DAS), foi a lanço ou incorporada (mecanismos sulcadores de adubo tipo disco duplo desencontrado defasado e haste sulcadora). A adubação realizada no dia de semeadura foi a lanço e incorporada com o mecanismo sulcador tipo disco duplo desencontrado defasado, de acordo com os tratamentos. Os mecanismos sulcadores do tipo disco duplo e haste sulcadora foram utilizados em experimentos anteriores na adubação antecipada e a adubação no dia de semeadura na mesma área, diferentemente do atual que utilizou apenas o disco duplo na semeadura, por isso algumas parcelas possuíam efeito residual da haste.

A queda de adubo nos sulcos nas testemunhas foi interrompida pela retirada da corrente que movimenta as engrenagens da adubadora.

A área total do experimento foi de 10880 m², largura, comprimento das parcelas e bordaduras foram de 10, 20 e 8 m respectivamente. O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro repetições e 10 tratamentos (Tabela 1):

Tabela 1. Tratamentos e as seguintes descrições.

Tratamentos	Descrição
(Haste/L 30 DAS)	Efeito residual da haste, adubo a lanço 30 dias antes da semeadura
(Haste/L 0 DAS)	Efeito residual da haste, adubo a lanço no dia da semeadura
(L 30 DAS)	Adubo a lanço 30 dias antes da semeadura
(L 0 DAS)	Adubo a lanço no dia da semeadura
(L – Triton)	Adubação a lanço no dia da semeadura e manejo da vegetação com triturador horizontal de palha
(Inc 30 DAS – Haste)	Incorporação do adubo com haste 30 dias antes da semeadura
(Inc 30 DAS – Disco)	Incorporação do adubo com disco 30 dias antes da semeadura
(Inc 0 DAS)	Incorporação do adubo no dia da semeadura
(Haste/Test)	Efeito residual da haste semeado sem adubo
(Test)	Semeadura sem adubo

Fonte: Autores.

O fertilizante escolhido foi determinado a partir da análise de solo da área (Tabela 2), a quantidade de 08 – 28 – 16 granulado foi de 370 kg.ha⁻¹, distribuída a lanço na superfície da palhada com distribuidor de corretivos e fertilizantes, montado com mecanismo dosador gravitacional e pendular, acoplado ao sistema levante hidráulico do trator Massey Ferguson, 4X2, modelo MF275. A mesma quantidade de fertilizante foi incorporada no sulco de semeadura 12 cm de profundidade pelos mecanismos sulcadores tipo haste e disco da semeadora-adubadora de precisão com sete linhas espaçadas de 0,45 m, mecanismo pneumático de distribuição de semente da marca Marchesan, modelo Suprema Ultra flex acoplado na barra de tração do trator John Deere e modelo 6110-J (80,96 kW).

Tabela 2. Caracterização química do solo utilizado no experimento, na camada de 0,00 a 0,25 m em Suzanápolis, SP.

Profundidade (m)	P	MO	pH	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	
	(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)							mmolc dm ⁻³	
0,00-0,05	38	26	5,1	5,6	36	26	41	1	67,6	
0,05-0,10	32	17	4,7	2,8	15	13	45	2	30,8	
0,10-0,20	11	15	4,8	2	9	9	38	4	20	
Profundidade (m)	V	Ca/CTC	Mg/CTC	m	CTC	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		%			mmolc/dm ³				mg/dm ³	
0,00-0,25m	62	32,8	23,7	0,9	109,6	0,26	5	30	107,5	2,2
0,05-0,10	40	19,3	16,7	2,6	77,8	0,21	4,4	18	69,5	0,7
0,10-0,20	32	14,5	14,5	6,5	62	0,18	3,5	14	66,3	0,2

Valores referentes à fósforo (P), Matéria Orgânica (MO), Potencial Hidrogênio iônico (pH), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), acidez potencial (H+AL), alumínio (Al³⁺), soma de bases (SB), Saturação de Bases (V%), proporção de cálcio na CTC (Ca/CTC), proporção de magnésio na CTC (Mg/CTC), saturação de alumínio (m), capacidade de troca catiônica (CTC), boro (B⁻), cobre (Cu²⁺), ferro (Fe²⁺), manganês (Mn²⁺) e zinco (Zn²⁺). Fonte: Autores.

A cultivar de milho utilizada foi a VT PRO 2 que de acordo com o fabricante, é resistente ao herbicida glyphosate, e possui dois tipos de proteínas Bt que garantem maior resistência contra as principais lagartas da cultura. O milho foi semeado no espaçamento de 0,45 m entre linhas e 60 kg ha⁻¹, totalizando 71111 grãos ha⁻¹.

A adubação nitrogenada de cobertura, na recomendação de 260 kg ha⁻¹, foi aplicada com adubador de cobertura para plantio direto com oito linhas de espaçamento entre linhas de 0,45 m da marca Baldan e modelo ACD-N no desenvolvimento vegetativo da planta do milho no estágio fenológico V8-9. Inseticidas e fungicidas foram aplicados durante todo o ciclo da cultura para controlar/prevenir as principais pragas e doenças do milho.

2.3 Avaliações

A população inicial e final de plantas, diâmetro do colmo, altura média de inserção da primeira espiga e da planta, produtividade de grãos e palha de planta, massa de 1000 grãos e porcentagem de cobertura e resíduo da cultura anterior foram os parâmetros avaliados.

A cobertura do solo foi quantificada em porcentagem, após a adubação e semeadura, e realizada de acordo com o método da linha transversal (Lafien, et al., 1981), que consiste num cordão de 10 m com marcações de 10 cm equidistantes entre os pontos. O cordão foi disposto nas diagonais das parcelas, com leituras em dois sentidos, no formato de “X”, para obter a média por parcela.

As plântulas de milho emergidas foram contabilizadas para obter-se a população inicial, verificada nos 5 e 12 dias após a emergência, em três linhas centrais de 5,0 m de comprimento por parcela, formando uma sub-parcela de 6,75 m² (que foi fixada e destacada para as outras avaliações), o resultado convertido para plantas.ha⁻¹. A população final de plantas de milho foi contabilizada na mesma sub-parcela no dia da colheita.

A sobrevivência das plantas, expressa em porcentagem, foi determinada pela relação entre a população final e inicial.

Espigas das plantas de milho das três linhas com cinco metros foram pesadas, a massa fresca de plantas da cultura foi obtida pela diferença entre o peso total das plantas e espigas da parcela, essas foram levadas para a trilhagem para separar os grãos. A produtividade de grãos foi estimada de acordo com o peso total das sementes trilhadas das parcelas e a umidade, determinada com um medidor de umidade de grãos portátil G650i da marca Gehaka.

Uma amostra de grãos foi separada das espigas trilhadas, duas plantas sem as espigas cada parcela foi pesada obtendo a massa fresca, posteriormente levados a estufa e secos à 65°C por 72 horas até massa constante, obtendo-se o peso seco. A diferença de peso entre a massa fresca e seca das duas plantas foi usada para determinar matéria seca total de palhada em kg.ha⁻¹.

A massa de 1000 grãos foi determinada a partir de 8 amostras de 100 grãos por parcela e pesadas em balança de centésimos de grama, procedimento efetuado seguindo as prescrições estabelecidas pelas Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009).

O resíduo vegetal da cultura anterior que foi o sorgo, foi coletado dentro de um quadrado, formado de viga de ferro em 1 m² e posicionado sobre o solo, foi pesado obtendo a massa fresca e posteriormente levado a estufa e seco à 65°C por 72 horas até massa constante, obtendo-se o peso seco. A diferença entre a massa fresca e seca foi usada para determinar matéria seca do parâmetro, corrigido para kg.ha⁻¹.

As características agrônômicas foram avaliadas em 10 plantas tomadas ao acaso por parcela. O diâmetro de caule (mm) foi medido com paquímetro graduado na região do segundo nó após o corte em relação à superfície do solo. A altura da planta foi obtida com trena em superfície plana em metros, da distância do corte em relação à superfície do solo até a última folha do ápice da planta. A altura de inserção da primeira espiga (cm) foi determinada pela medida de corte em relação à superfície do solo até a base da espiga.

2.4 Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância com o software R (fonte: TNR 10 – justificado – espaço 1,5).

3. Resultados

A porcentagem de cobertura do solo foi maior no tratamento L – Triturador, com 80,62%, e menor nos tratamentos Inc 30 DAS – Disco e Inc 30 DAS – Haste com valores de 49,5 e 55,12% (Tabela 3).

Tabela 3. Cobertura do solo (%), número de plantas e inicial por hectare (média + erro padrão da média) e índice de sobrevivência (%) (Sob.) de plantas de milho nas modalidades de adubação e mecanismos sulcadores, Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil, 2018

Tratamentos	Cobertura do solo pós semeadura (%)	População (plantas.ha ⁻¹)		Sobrevivência (%)
		Inicial	Final	
L 0 DAS	62,37 ± 0,7b	63518 ± 1296,3	63518 ± 1296,3	100,0
Haste/L 0 DAS	62,12 ± 3,2b	67777 ± 2127,6	67036 ± 2447,4	98,9
L 30 DAS	66,75 ± 3,9b	64814 ± 2447,4	64073 ± 2860,9	98,9
Haste/L 30 DAS	62,62 ± 5,0b	64814 ± 2127,6	64443 ± 2303,0	99,4
Inc 0 DAS	69,00 ± 3,7b	62962 ± 1542,0	62962 ± 2456,7	100,0
L – Triturador	80,62 ± 2,7a	68517 ± 932,1	68517 ± 932,1	100,0
Inc 30 DAS – Disco	49,50 ± 4,2c	65184 ± 1352,4	65184 ± 2005,9	100,0
Inc 30 DAS – Haste	55,12 ± 4,7c	58888 ± 1851,8	58888 ± 1851,8	100,0
Test	64,50 ± 4,7b	64073 ± 1111,1	62592 ± 1402,2	97,7
Haste/Test	65,62 ± 5,6b	66295 ± 2039,8	64443 ± 2738,4	97,2
Valor de F	4,23*	2,565 ns	1,496 ns	-
CV (%)	12,53	5,41	6,61	-

ns (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre grupos pelo teste de Scott-Knott. Efeito residual da haste, adubo a lanço 30 dias antes da semeadura (Haste/L 30 DAS) e no dia (Haste/L 0 DAS); adubo a lanço 30 DAS (L 30 DAS) e no dia (L 0 DAS); adubação a lanço e manejo da vegetação com triturador horizontal de palha (L – Triton); incorporação do adubo com haste 30 DAS (Inc 30 DAS – Haste) ou disco (Inc 30 DAS – Disco) e dia de semeadura (Inc 0 DAS); efeito residual da haste semeado sem adubo (Haste/Test) e semeadura sem adubo (Test). Fonte: Autores.

Não houve diferença significativa para população inicial e final de plantas de milho, a sobrevivência foi semelhante entre tratamentos, com valores superiores a 97%.

O diâmetro do colmo foi maior nos tratamentos L 0 DAS, Haste/L 0 DAS, L 30 DAS, L – Triturador, Inc 30 DAS – Haste, Haste/Test. (Tabela 3).

Tabela 4. Diâmetro do colmo (mm) (DC), altura de inserção da 1ª espiga (cm) e altura de planta (cm) (Altura) (média + erro

padrão da média) de milho para as modalidades de adubação e mecanismos sulcadores, Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil, 2018.

Tratamentos	DC (mm)	Altura (m)	
		1ª espiga	Planta
L 0 DAS	21,81 ± 0,57a	1,14 ± 0,03 b	2,56 ± 0,03
Haste/L 0 DAS	21,80 ± 0,16a	1,21 ± 0,03a	2,59 ± 0,09
L 30 DAS	22,23 ± 0,48a	1,12 ± 0,02b	2,44 ± 0,06
Haste/L 30 DAS	21,17 ± 0,23b	1,16 ± 0,01b	2,61 ± 0,06
Inc 0 DAS	21,31 ± 0,87b	1,14 ± 0,02b	2,51 ± 0,10
L – Triturador	22,27 ± 0,54a	1,22 ± 0,01a	2,53 ± 0,06
Inc 30 DAS – Disco	20,95 ± 0,42b	1,13 ± 0,02b	2,57 ± 0,04
Inc 30 DAS – Haste	22,74 ± 0,19a	1,11 ± 0,01b	2,58 ± 0,01
Test	20,47 ± 0,27b	1,13 ± 0,04b	2,51 ± 0,08
Haste/Test	22,04 ± 0,16a	1,10 ± 0,03b	2,62 ± 0,04
Valor de F	2,401*	2,609*	0,772ns
CV (%)	4,12	4,28	4,81

* $p < 0,05$; ns (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre grupos pelo teste de Scott-Knott. Efeito residual da haste, adubo a lanço 30 dias antes da semeadura (Haste/L 30 DAS) e no dia (Haste/L 0 DAS); adubo a lanço 30 DAS (L 30 DAS) e no dia (L 0 DAS); adubação a lanço e manejo da vegetação com triturador horizontal de palha (L – Triton); incorporação do adubo com haste 30 DAS (Inc 30 DAS – Haste) ou disco (Inc 30 DAS – Disco) e dia de semeadura (Inc 0 DAS); efeito residual da haste semeado sem adubo (Haste/Test) e semeadura sem adubo (Test). Fonte: Autores.

A altura de inserção da 1ª espiga foi maior para os tratamentos Haste/L 0 DAS e L – Triturador com 1,21 e 1,22 m respectivamente. A altura de plantas de milho não diferiu entre tratamentos.

A massa de 1000 grãos de milho foi semelhante entre tratamentos (Tabela 5). O resíduo vegetal da cultura anterior foi maior com nos tratamentos L 0 DAS e L 30 DAS com valores 4171,7 e 4369,7 kg/ha respectivamente, e menor com Haste/Test com 1550,2 kg/ha.

Tabela 5. Massa de 1000 grãos, matéria seca do resíduo vegetal da cultura anterior (MS), produtividade de grãos e palha (kg/ha) (média ± erro padrão da média) para as modalidades de adubação e mecanismos sulcadores, Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil, 2018

Tratamento	Massa 1000 grãos (g)	MS (kg/ha)	Produtividade (kg/ha)	
			Planta	Grão
L 0 DAS	194,50 ± 9,61	4171,7 ± 97,9a	9393,7 ± 477,0b	8108,7 ± 438,4
Haste/L 0 DAS	196,38 ± 5,87	2491,7 ± 93,6d	10170,7 ± 505,9b	8420,0 ± 321,3
L 30 DAS	192,15 ± 11,47	4369,7 ± 131,2a	7706,2 ± 648,5c	7852,0 ± 422,1
Haste/L 30 DAS	192,36 ± 4,88	3342,7 ± 41,8b	7506,0 ± 379,2c	7993,2 ± 210,2
Inc 0 DAS	195,00 ± 8,90	2294,2 ± 118,4d	8415,7 ± 83,1c	9116,7 ± 370,6
L – Triturador	196,32 ± 1,40	3400,2 ± 116,6b	11546,2 ± 1235,6a	8480,0 ± 473,2
Inc 30 DAS – Disco	195,67 ± 8,98	2425,0 ± 123,2d	9008,7 ± 86,4c	8265,7 ± 596,9
Inc 30 DAS – Haste	211,52 ± 4,65	2320,5 ± 97,4d	7718,5 ± 546,4c	8446,7 ± 483,3
Test	191,13 ± 3,77	2796,0 ± 83,3c	8415,7 ± 676,5c	7462,0 ± 279,5
Haste/Test	196,45 ± 8,33	1550,2 ± 97,5e	7044,0 ± 208,9c	8844,7 ± 265,8
Valor de F	0,599 ns	74,894*	9,171*	1,419 ns
CV (%)	7,56	7,06	10,46	9,69

* p<0,05); ns (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre grupos pelo teste de Scott-Knott. Efeito residual da haste, adubo a lanço 30 dias antes da sementeira (Haste/L 30 DAS) e no dia (Haste/L 0 DAS); adubo a lanço 30 DAS (L 30 DAS) e no dia (L 0 DAS); adubação a lanço e manejo da vegetação com triturador horizontal de palha (L – Triton); incorporação do adubo com haste 30 DAS (Inc 30 DAS – Haste) ou disco (Inc 30 DAS – Disco) e dia de sementeira (Inc 0 DAS); efeito residual da haste semeado sem adubo (Haste/Test) e sementeira sem adubo (Test). Fonte: Autores.

A massa seca de plantas de milho foi maior em L – Triturador com 11546,2 kg/ha. Não houve diferença significativa para produtividade de grãos de milho, porém, Inc 0 DAS foi 11,07% mais produtivo que a média dos demais tratamentos e 18,15% maior que a Test.

4. Discussão

A maior porcentagem de cobertura do solo com o triturador se deve à diminuição do tamanho da mesma facilitando o espalhamento dos restos vegetais de forma mais homogênea (Costa et al., 2014; Cortez et al., 2018). A menor porcentagem de cobertura do solo, com a incorporação antecipada do adubo com os dois mecanismos sulcadores, se deve a sementeira-adubadora ter sido utilizada duas vezes por parcela, aos 30 dias antes e no dia da sementeira, aumentando a incorporação de palhada. Mecanismos sulcadores incorporam a palhada devido a maior força horizontal do disco duplo que rompe a resistência do solo e a haste traz torrões para a superfície, aumentando a mobilização e incorporação de restos culturais (Mion, et al., 2009; Seki, et al., 2015; Singh, et al., 2016).

A sobrevivência semelhante das plantas de milho entre tratamentos se deve a qualidade germinativa da semente associada a uniformidade da sementeira e cobertura do solo em razão ao tempo de adoção do sistema de plantio direto, que proporciona maior estabelecimento de plantas da cultura (Santos, et al., 2020). O SPD altera fatores do solo: maior quantidade de matéria orgânica; maior CTC; maior disponibilidade de nutrientes, maior atividade microbiana; melhora da estrutura do solo; maior conteúdo de água disponível, que garantem melhores condições de sobrevivência de plantas de milho (Pittelkow, et al., 2015; Fiorini, et al., 2016; Sithole & Magwaza, 2019).

O maior diâmetro do caule pode ser relacionado ao maior espaçamento e menor competição intraespecífica entre as plantas pela distribuição de semente no momento da semeadura, aumentando a distância de estabelecimento de algumas plantas, ocorrendo menor competição por nutrientes, favorecendo desenvolvimento vegetativo dessas (Santos, et al., 2011; Farinelli & Lemos, 2012; Trogello, et al., 2013).

A maior altura de inserção da 1ª espiga no tratamento Haste/L 0 DAS pode estar associada ao revolvimento e rompimento de camadas compactadas pela haste sulcadora, ter permitido o desenvolvimento e exploração do sistema radicular por água e nutrientes do solo, beneficiando assim o estabelecimento de plântulas do milho (Chen & Yang, 2015). A redução do tamanho das partículas da palhada, pelo triturador, aumenta a uniformidade da distribuição das mesmas sobre o solo nas linhas de semeadura criando condições mais favoráveis para o desenvolvimento de espigas de milho em maiores alturas nas plantas (Costa, et al., 2014).

A altura semelhante das plantas pode ser relacionada ao tipo de material genético de milho e o SPD, que ao longo dos anos, houve acúmulo de matéria orgânica que garante aumento da CTC e maior aporte de nutrientes, e também o desenvolvimento de microbiota em sistema de plantio direto que aumentam a mineralização de nutrientes, esses fatores favorecem o desenvolvimento homogêneo do milho (Kluthcouski, et al., 2000; Klein, et al., 2018; Kim, et al., 2020).

A massa de 1000 grãos de milho foi semelhante entre tratamentos devido à melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo da área promovida pelo SPD (Boiago, et al., 2017; Worma, et al., 2019).

O maior acúmulo de resíduo vegetal nos tratamentos a lanço pode ser relacionado a forma de aplicação do adubo, mecanismos sulcadores tendem a incorporar a palhada acumulada sobre o solo, diminuindo a quantidade de resíduo comparada com a distribuição do fertilizante a lanço, que distribui o fertilizante sobre o solo (Hu, et al., 2020). A quantidade de resíduos vegetais incorporados no solo pelos mecanismos sulcadores varia, também, com a compactação do solo em SPD, que aumenta a demanda por força do trator e o trabalho da haste e disco, aumenta a probabilidade de embuchamento do implemento por palhada, que pode ter aumentado a incorporação na testemunha (Theodoro, et al., 2018).

A elevada produtividade de massa seca de plantas de milho com o rebaixamento da vegetação refletiu a menor perda dos nutrientes por volatilização e lixiviação pela distribuição do à lanço, que resultou também no maior estabelecimento de plantas, e dimensões de caule e inserção de 1º espiga (Vilela, et al., 2012).

A produtividade semelhante de grãos de milho entre tratamentos se deve a áreas com sistema de plantio direto consolidado há liberação de nutrientes a partir da mineralização do material vegetal acumulado sobre o solo, que propiciou condições homogêneas para o crescimento do milho, que neste caso, foi utilizado um híbrido (Pavinato & Ceretta, 2004; Cruz, et al., 2003). A incorporação do adubo no dia da semeadura tende a aumentar a produtividade de grãos de culturas se comparado com a distribuição a lanço, por fornecer o fertilizante diretamente às raízes de plantas, em relação a antecipação, quanto menor o tempo de contato dos nutrientes com o solo, perdas por volatilização, lixiviação e fixação serão menores (Nunes, et al., 2011; Torres, et al., 2017; Peron, et al., 2019).

5. Conclusão

A produtividade de grãos foi semelhante com os modos de distribuição da adubação, a lanço e incorporada, quanto ao período de aplicação do adubo (antecipado ou não) em sistema de plantio direto consolidado. A adubação a lanço aos 30 dias antes da semeadura deve ser recomendada para aumentar eficiência operacional da semeadura.

A adubação a lanço e utilização do triturador horizontal de palha aumenta a porcentagem de cobertura do solo e produção de massa seca de plantas em sistema de plantio direto.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus que me permitiu dar vida a todas as minhas conquistas, e também muitas outras que estão para vir.

Ao meu orientador Professor Doutor Élcio Hiroyoshi Yano, que nesses dois anos de Equipe, me ensinou à dar valor no trabalho, e estar preparado as adversidades da vida profissional.

À Luana de Souza Covre, que foi a pessoa que esteve mais próximo de mim, e sempre me motivou a estar sempre correndo atrás daquilo que eu quero para mim, esteve no meu lado nos nossos momentos felizes e tristes, e nunca deixou de acreditar em mim. Por isso, agradeço eternamente meu amor.

Aos meus companheiros de equipe, Vanessa Dias Trindade, Giovanna Guerra, Fábio Capel, Silvio Henrique R. Saraiva, Vinicius Molina Rosaboni, Gláucia Luciane Cham Menezes Cândido de Paula, Hermano José Ribeiro Henriques, José Ailton dos Santos, Thiago Cassemiro Lima, Bruna Maioli, Auara Magalhães e outros. Pudemos vivenciar momentos de aprendizado um com o outro, trabalho em equipe e o mais importante de tudo, amizade.

Referências

- Boiago, R. G. F. S. R.; Mateus, R. P. G.; Schuelter, A. R.; Barreto, R. R.; Silva, G. J. & Schuster, I. (2017). Combinação de espaçamento entrelinhas e densidade populacional no aumento da produtividade em milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 16(3), 440 – 448.
- Chen, H. & Yang, Y. (2015). Effect of controlled traffic system on machine fuel saving in annual two crops region in North China Plain. *Soil and Tillage Research*, 153, 137 – 144.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009) Regras para análise de sementes. Brasília, DF: Secretaria de Defesa Agropecuária.
- Companhia Nacional de Abastecimento- CONAB (2020). Boletim Monitoramento Agrícola, 7(12), 1 – 68.
- Cortez, J. W.; Silva, R. P.; Furlani, C. E. A.; Arcoverde, S. N. S. & Olszewski, N. (2018) Atributos físicos do solo em sistemas de adubação e de manejo de resíduos culturais em plantio direto. *Revista Agrarian*, 11(42), 343 – 351.
- Costa, N. R.; Andreotti, M.; Fernandes, J. C.; Cavasano, F. A.; Ulian, N. A.; Pariz, C. M. & Santos, F. G. (2014). Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9(2), 166 – 173.
- Cruz, A. C. R.; Pauletto, E. A.; Flores, C.A. & Silva, J. B. (2003). Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(6), 1105 – 1112.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. (2013). Sistema brasileiro de classificação de solos. Vol. 3. Brasília, DF: Embrapa Solos.
- Farinelli, R. & Lemos, L. B. (2012). Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42(1), 63 – 70.
- Fiorini, A.; Boselli, R.; Amaducci, S. & Tabaglio, V. (2018). Effects of no-till on root architecture and root-soil interactions in a three-year crop rotation. *European Journal of Agronomy*, 99, 156 – 166.
- Fornari, A. J.; Caires, E. F.; Bini, A. R.; Haliski, A.; Tzaskos, L. & Joris, H. A. W. (2020). Nitrogen fertilization and potassium requirement for cereal crops under a continuous no-till system. *Pedosphere*, 30(6), 747 – 758.
- Guareschi, R. F.; Gazolla, P. R.; Souchie, E. L. & Rocha, A. C. (2008). Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lanço antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. *Ciências Agrárias*, 29(4), 769 – 774.
- Guareschi, R. F.; Pereira, M. G. & Perin, A. (2012). Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(3), 909 – 920.
- Hu, H.; Li, H.; Wang, Q.; He, J.; Lu, C.; Wang, Y. & Liu, P. (2020). Anti-blocking performance of ultrahigh-pressure waterjet assisted furrow opener for no-till seeder. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 13(2), 64 – 70.
- Kim, N.; Zabaloy M. C.; Guan, K. & Villamil, M. B. (2020). Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research. *Soil Biology and Biochemistry*, 142, 107701.
- Klein, J. L., Viana, A. F. P., Martini, P. M., Adams, S. M., Gusatto, C., Bona, R. A., & Brondani, I. L. (2018). Desempenho produtivo de híbridos de milho para produção de silagem de planta inteira. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 17, 101-110.
- Kluthcouski, J.; Fancelli, A. L.; Dorado-Neto, D.; Ribeiro, C. M. & Ferraro, L. A. (2000). Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, soja e arroz em sistema de plantio direto, vol. 1. Embrapa, Arroz e Feijão, Piracicaba, SP.
- Lafren, J. M.; Amemiya, M. & Hintz, E. A. (1981). Measuring crop residue cover. *Journal of Soil Water Conservation*. Ankeny, 36(6), 341 – 343.

- López, F. J.; Pastrana, P. & Casquero, P. A. (2018). Soil physical properties and crop response in direct seeding of spring barley as affected by wheat straw level. *Journal of Soil and Water Conservation*, 74(1), 51 – 58.
- Matos, M. A.; Salvi, J.V. & Milan, M. (2006). Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 26(2), 493 – 501.
- Mion R. L.; Benez S. H.; Viliotti C. A.; Moreira J. B. & Salvador N. (2009). Tridimensional efforts analyses of furrow opening in no tillage seeder. *Ciência Rural*, Santa Maria, 39(5), 1414 – 1419.
- Nepomuceno, M. P.; Silva, B. P.; Giancotti, P. R. F.; Pereira, F. C. M. & Alves, P. L. C. A. (2019). *Urochloa ruziziensis* desiccation, straw quantity and position on nodulation and production of soybean 'M-SOY 7908 RR'. *Planta Daninha*, 37, 1 – 9.
- Nunes, R. S.; Sousa, D. M. G.; Goedert, W. J. & Vivaldi, L. J. (2011). Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 877-888,.
- Pavinato, P. S. & Ceretta, C. A. (2004). Fósforo e potássio na sucessão trigo/milho: épocas e formas de aplicação. *Ciência Rural*, 34(6), 1779 – 1784.
- Peron, G. C.; Pinho, R. G. V.; Júnior, L. A. Y. B.; Souza, V. F.; Pereira, F. C.; Junior, I. C. V.; Balestre M. & Cardoso, D. A. D. B. (2019). Influência de formas de adubação de semeadura na produtividade de grãos de híbridos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 18(1), 88 – 98.
- Pittelkow, C. M.; Linquist, B. A.; Lundy, M. E.; Liang, X.; van Groenigen, K. J.; Lee, J.; van Gestel, N.; Six, J.; Venterea, R. T. & van Kessel, C. (2015). When does no-till yield more? A global meta-analysis. *Field Crops Research*, 183, 156 – 168.
- Quadros, P. D.; Zhalnina, K. & Davis-Richardson, A. (2012). The effect of tillage system and crop rotation on soil microbial diversity and composition in a subtropical Acrisol. *Diversity*, 4(4), 375 – 395.
- Santos, A. J.; Gamero, C. A.; Oliveira, R. B. & Villen, A.C. (2011). Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadora-adubadora de precisão. *Bioscience Journal*, 27(1), 16 – 23.
- Santos, B. C.; Hendges, C.; Bernardi, D.; Demartelaere, A. C. F.; Preston, H. A. F.; Feitosa, S. S.; Gomes, R. S. S. & Abraão, P. C. (2020). Sistema de plantio direto utilizando a *Bidens pilosacom* diferentes profundidades de semeadura e influência sob a qualidade fisiológica. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 52202 – 52216.
- Seki, A. S.; Seki, F. G.; Jasper, S. P.; Silva, P. R. A. & Benez, S. H. (2015). Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, 46(3), 460 – 468.
- Silva, F. R.; Albuquerque, J. A.; Bortolini, D.; Costa, A. & Fontoura, S. M. V. (2018). Semeadura direta com diferentes mecanismos sulcadores: alterações em propriedades de um Latossolo Bruno e produtividade das culturas. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 17(3), 428 – 434.
- Silva, M. C. C.; Andreotti M.; Costa N. R.; Lima C. G. R. & Pariz C. M. (2017). Soil physical attributes and yield of winter common bean crop under a no-till system in the Brazilian cerrado. *Revista Caatinga*, 30(1), 155 – 163.
- Singh S.; Tripathi, A. & Singh, A. K. (2016). Effect of furrow opener Design, Furrow Depth, Operating Speed on Soil Characteristics, Draft and Germination of Sugarcane. *Sugar Tech extenso*, 19(5), 476 – 484.
- Sithole, N. J. & Magwaza, L. S. (2019). Long-term changes of soil chemical characteristics and maize yield in no-till conservation agriculture in a semi-arid environment of South Africa. *Soil and Tillage Research*, 194, 1043172.
- Theodoro, G. F.; Golin, H. O.; Rezende, R. P.; Abreu, V. L. S. & Silva, M. S. (2018). Influência de sistemas de preparo na manutenção da palhada e resistência do solo à penetração falta nome da revista, 5(2), 25 – 30.
- Torres, A. G.; Bueno, M. R.; Torres, U. F. & Oliveira, M. A. V. G. (2017). Comparação da adubação à lanço e em sulco de semeadura na cultura do milho (*Zea mays* L.), 7(1), 1-14.
- Trogello, E.; Modolo, A. J.; Scarsi, M.; Silva, C. L.; Adami, P. F. & Dallacort, R. (2013). Manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação em condições de semeadura e produtividade de milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(7), 796 – 802.
- Vilela, R. G.; Arf, O.; Gitti, D. C.; Kappes, C.; Goes, R. J.; Dalbem, E. A. & Portugal, J. R. (2012). Manejo do milheto e doses de nitrogênio na cultura do milho em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 11(3), 234 – 242.
- Worma, M.; Segatto, C.; Stefen, D.; Buba G. P. & Leolato, L. S. (2019). Qualidade fisiológica de sementes de milho produzidas com adubação biológica e bioestimulante em diferentes preparos de solo. *Revista Engenharia na Agricultura*, 27(3), 187 – 194.
- Zhang, L.; Liu, H. H.; Sun, J. Q.; Li, J. C. & Song, Y. (2018). Seedling characteristics and grain yield of maize grown under straw retention affected by sowing irrigation and splitting nitrogen use. *Field Crops Research*, 225(1), 22 – 31.
- Zhang, R.; Wei, J.; Zhang, D.; Cui, T.; Yan, B.; He, X.; Han, D. & Yang, L. (2018). Effects of wheat residue and depth-control mechanism of no-till seeder on corn sowing performance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(8), 660 – 667.