

Uso de dejetos líquidos de suínos permite reduzir a adubação mineral na cultura do milho?

Does the use of liquid swine manure reduces mineral fertilization in maize crop?

Jorge Luiz Locatelli^{1,*}, Felipe Bratti², Ricardo Henrique Ribeiro², Marcos Renan Besen³, Diego Turcatel⁴ e Jonatas Thiago Piva⁵

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos – SC, Brasil

² Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, Brasil

³ Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, Brasil

⁴ Engenheiro Agrônomo, Curitibanos – SC, Brasil

⁵ Departamento de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Santa Helena, Santa Helena – PR, Brasil

(*E-mail: jorgelocatelli@gmail.com)

<https://doi.org/10.19084/rca.17538>

Recebido/received: 2019.03.25

Aceite/accepted: 2019.05.16

RESUMO

Os custos de fertilizantes minerais têm aumentado consideravelmente nas últimas décadas, nesse cenário a adubação orgânica pode ser uma alternativa para diminuir custos e manter ou até mesmo aumentar as produtividades das culturas agrícolas. O objetivo do estudo foi avaliar a utilização de dejetos líquidos suíno (DLS) associado à diferentes combinações de adubação mineral no desenvolvimento da cultura do milho, bem como o aspecto econômico. O experimento foi conduzido no município de Curitibanos, Santa Catarina, Brasil. Os tratamentos testados foram T1: NPK 09-33-12 + Ureia; T2: NPK 0-20-20 + DLS; T3: apenas DLS; T4: NPK 09-33-12 + DLS; T5: DLS + Ureia. Foram avaliados componentes morfológicos, de rendimento e análise econômica em duas safras (2014/15 e 2015/16). Apenas o diâmetro de colmo e número de grãos por fileira foram influenciados significativamente, onde os tratamentos que envolveram maior adição de nitrogênio garantiram o aumento destas variáveis. O uso combinado entre adubo mineral e orgânico permitiu a redução dos custos e a manutenção de elevadas produtividades, sendo superiores à testemunha mineral na safra 2014/15. O uso exclusivo da adubação orgânica com DLS não se mostrou eficiente. A combinação de 50 m³ de DLS + ureia em cobertura foi a melhor opção para o manejo do DLS no milho.

Palavras-chave: *Zea mays*, DLS, adubação orgânica, custo de produção

ABSTRACT

The costs of mineral fertilizers have increased considerably in the last decades. In this scenario, organic fertilization can be an alternative to reduce costs and maintain and/or increase the productivity of grain crops. The objective of study was to evaluate the use of liquid swine manure (LSM) associated to different combinations of mineral fertilization in maize crop development, as well as the economic aspect. The experiment was carried out in the city of Curitibanos, Santa Catarina, Brazil. The treatments tested were T1: NPK 09-33-12 + Urea; T2: NPK 0-20-20 + DLS; T3: DLS only; T4: NPK 09-33-12 + DLS; T5: DLS + Urea. A figura está sem o título do eixo y. Por gentileza, Trocar essa figura 2 pela figura 2 enviada em anexo do e-mail. were evaluated in two seasons (2014/15 e 2015/16). For the morphological components, only stem diameter and number of grains per row were influenced significantly, where the treatments that involved greater nitrogen addition guaranteed the increase of these variables. The combined use of mineral and organic fertilizer allowed the reduction of costs and the maintenance of high yields, being superior to the mineral control in the 2014/15 season. The exclusive use of organic fertilization with LSM was not as efficient. The combination of 50 m³ of LSM + urea under topdressing was the best option for LSM management in maize.

Keywords: *Zea mays*, LSM, organic fertilization, production cost

INTRODUÇÃO

No cultivo da cultura do milho os insumos representam aproximadamente 70% do custo total, sendo que os fertilizantes contribuem com mais de 30% deste montante (IMEA, 2018), tornando a atividade onerosa, principalmente diante do preço de mercado da cultura. Nesse sentido, fontes alternativas de fertilizantes, como a adubação orgânica, pode ser uma estratégia para redução de custos.

A produção de suínos ganha papel de destaque em alguns estados, como no caso de Santa Catarina (SC), onde representa 17,2% de todo rebanho Brasileiro de suínos, com aproximadamente 40 milhões de cabeças (IBGE, 2016). Considerando que um suíno com faixa de peso de 50 a 100 kg, produza entre 5,5 e 7,5 L⁻¹ diariamente de dejetos líquido, só no estado de Santa Catarina, a produção gira em torno de 45 mil m³ de dejetos líquido de suíno (DLS) por dia.

Nesse sentido, o uso do dejetos líquido suíno tende a apresentar elevado potencial de liberação de nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P). A disponibilidade de N geralmente está associada ao destino da fração amoniacal dos dejetos e ao grau de mineralização do N-orgânico. Assim, quando armazenados em reservatórios anaeróbios, a proporção das formas prontamente disponíveis pode representar mais de 70% do N, enquanto que o P, quando fornecido na forma orgânica através do DLS, geralmente é de fácil decomposição e, embora seu acúmulo no solo possa ocorrer inicialmente sob a forma orgânica, após sucessivas aplicações há o acúmulo desse elemento, predominantemente em frações lábeis do solo (Ceretta *et al.*, 2010).

O uso de DLS como fonte parcial ou total na adubação vem sendo testado como uma alternativa ao manejo da adubação nas culturas, principalmente em gramíneas, tanto de inverno quanto de verão. Pinto *et al.* (2014) constataram que a utilização do DLS na cultura do milho pode ser uma alternativa frente ao uso exclusivo dos fertilizantes minerais, uma vez que observaram aumento considerável na produção de matéria seca e da produtividade da cultura. Moraes *et al.* (2014) reportaram que a adubação mineral em milho pode ser substituída por doses de DLS a partir de 50 m³ ha⁻¹.

Nesse sentido, objetivando atender as demandas nutricionais da cultura do milho, estudos vêm sendo realizados com parcelamento da adubação mineral, principalmente a adubação nitrogenada, durante o desenvolvimento da cultura (Rocha *et al.*, 2014; Ribeiro *et al.*, 2018). Panison *et al.* (2019), ao avaliar a resposta de híbridos modernos de milho frente a épocas de aplicação da adubação nitrogenada (V5, V10 e VT), não encontraram resultados significativos para a produtividade de grãos e eficiência agrônômica no uso do N que compensassem o fracionamento da dose aplicada em diferentes estádios. Porém, tratando do uso do DLS, os efeitos da sua aplicação em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho ainda não são amplamente explorados.

Diante do aumento dos custos de fertilizantes minerais, e devido a possibilidade de uso do DLS, facilmente disponível nas propriedades dos estados do sul do Brasil, surge também como uma demanda, uma vez que, a substituição parcial das fontes minerais por orgânicas pode representar a redução do custo de produção, e conseqüentemente o aumento da lucratividade. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência da utilização de DLS associado à diferentes fontes de adubo mineral no desenvolvimento da cultura do milho, cultivado em sistema plantio direto, bem como a viabilidade econômica dessa forma de adubação.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido a campo durante duas safras agrícolas (2014/15 e 2015/16), na área experimental da Fazenda Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizada no município de Curitibaanos, Santa Catarina, Brasil (27°16'27" S e 50°30'14" O, altitude média de 1050 metros). O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cfb, com temperatura e precipitação média anual de 15 °C e 1500 mm, respectivamente. A temperatura e a precipitação pluviométrica média durante a condução do experimento se encontram na Figura 1.

O solo é classificado como Cambissolo Háplico eutrófico (Santos *et al.*, 2013), de textura argilosa (550 g kg⁻¹ de argila). A caracterização química efetuada para a camada de 0 – 20 cm, antes

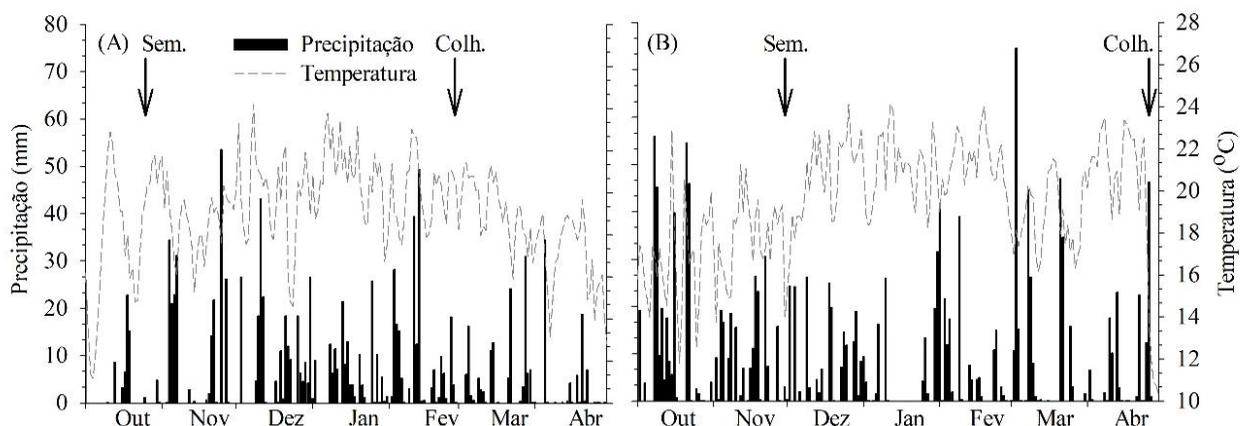


Figura 1 - Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média do ar (°C), durante o período de avaliação do experimento em 2014/15 (A) e 2015/16 (B). Setas indicam a época de semeadura (Sem.) e época de colheita (Colh.). Curitiba-SC, Brasil.

da implantação do experimento apresentou as seguintes características: matéria orgânica (MO): 49,59 g dm⁻³; fósforo (P): 20,75 mg dm⁻³; potássio (K): 70,2 mg dm⁻³; pH CaCl₂: 5,9; alumínio (Al³⁺): 0 cmol_c dm⁻³; cálcio (Ca²⁺): 10 cmol_c dm⁻³; magnésio (Mg²⁺): 3,1 cmol_c dm⁻³; acidez potencial (H+Al³⁺): 2,95 cmol_c dm⁻³ e saturação por bases: 82,0%.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de três combinações, aplicadas na semeadura e em cobertura na cultura do milho, entre fertilizantes minerais e DLS; aplicação única de DLS; e a testemunha apenas com adubação mineral (base + cobertura). Os tratamentos foram dispostos da seguinte forma: (T1): testemunha mineral NPK 09-33-12 + Ureia; T2: NPK 0-20-20 + DLS; T3: apenas DLS; T4: NPK 09-33-12 + DLS; T5: DLS + Ureia, conforme apresentados no Quadro 1.

Os critérios utilizados para a definição dos tratamentos foram baseados nas duas principais formulações de adubo mineral disponíveis na região, associadas à doses de DLS na base e em cobertura na cultura do milho, buscando alternativas de combinações eficientes entre as duas fontes (orgânica e mineral). E visando atender as demandas da cultura de acordo com as características do solo da área, respeitando a dose máxima permitida para aplicação de DLS, com base na legislação vigente na época (IN 11) (FATMA, 2011).

O DLS foi adquirido em uma Unidade Produtora de Leite (UPL), sendo retirado das lagoas de armazenamento após um período mínimo de 45 dias de descanso. O dejetos foi homogeneizado e então bombeado às barricas para o posterior transporte até o local do experimento. A análise química do DLS apresentou 15,7 g kg⁻¹ de matéria seca, sendo que os teores dos nutrientes foram de 2,8 de N, 0,9 de P e 2,3 de K em g kg⁻¹.

As aplicações de DLS foram efetuadas na área total de cada parcela, tanto na base quanto em cobertura

Quadro 1 - Descrição dos tratamentos avaliados, apresentando as combinações entre fertilizantes minerais e DLS com suas respectivas doses, épocas de aplicação e quantidade de total de nutrientes aplicados em cada tratamento. Curitiba-SC, Brasil

| Tratamentos | Aplicação | | Quantidade aplicada (kg ha ⁻¹) | | | |
|-------------|--|--------------|--|--------|-------|-------|
| | na base (kg ha ⁻¹ /m ³ ha ⁻¹) | em cobertura | N | P | K | |
| T1 | 09-33-12/ | 363 | - | 32,7 | 119,8 | 43,6 |
| | Ureia | - | 200 | 90 | - | - |
| T2 | 0-20-20/ | 500 | - | - | 100 | 100 |
| | DLS | 10 | 40 | 28+112 | 9+36 | 23+92 |
| T3 | DLS | 10 | 40 | 28+112 | 9+36 | 23+92 |
| | 09-33-12/ | 363 | - | 32,7 | 119,8 | 43,6 |
| T4 | DLS | 10 | 40 | 28+112 | 9+36 | 23+92 |
| T5 | DLS/ | 50 | - | 140 | 45 | 115 |
| | Ureia | - | 200 | 90 | - | - |

(estádio V4 do milho), respeitando as doses de cada tratamento. Para o DLS foi atendida a legislação para dose máxima ($50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), vigente no período de desenvolvimento do trabalho no estado de Santa Catarina. Os tratamentos compostos por fertilizante mineral (fontes com maior e menor teor de N), foram definidos para uma expectativa de produtividade de 10 t ha^{-1} de grãos para a cultura do milho.

A cultura do milho foi avaliada durante duas safras consecutivas 2014/15 e 2015/16. Em ambas as safras a cultura foi implantada em semeadura direta, sobre a palhada da cultura anterior, aveia preta (*Avena strigosa*) na safra 2014/15 e cevada (*Hordeum vulgare*) em 2015/16. As culturas antecessoras foram dessecadas com 20 dias de antecedência em relação à semeadura do milho, usando 4 L por hectare ($1920 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) do herbicida Roundup®. A densidade de plantas adotada nas duas safras foi de 65000 plantas por hectare, com um espaçamento de 0,70 m entre linhas. O híbrido utilizado no primeiro ano de cultivo foi o Defender TL®, um material de ciclo precoce, recomendado para a região, que teve sua semeadura realizada na segunda quinzena de outubro. No segundo ano foi utilizado o híbrido também de ciclo precoce DKB 230 VTpro3®, semeado na primeira quinzena de novembro de 2015.

As recomendações técnicas de semeadura foram adotadas com base no zoneamento agrícola para a cultura do milho em Santa Catarina (Epagri), que estabelece um intervalo entre 11 de agosto à 10 de janeiro. Os demais tratamentos culturais, como aplicação de inseticidas, herbicidas e fungicidas foram realizados conforme monitoramento. O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado no estágio V3-V4 da cultura utilizando Atrazine + S-metalachlor (1660 e $1300 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). Para o controle de doenças foi realizado um tratamento preventivo utilizando Azoxistrobina + ciproconazol (60 e $24 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e para o controle de pragas foi utilizado Thiametoxam + Lambda-cialotrina (43 e $32 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), quando constatou-se níveis acima do limite crítico (nível de controle).

No florescimento (estádio R1) do milho foram avaliados os parâmetros morfológicos da cultura, sendo determinada a altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC) e altura de inserção da espiga (AIE). Os componentes de produção foram

avaliados em R6, sendo o número de fileiras de grãos (NFG), número de grãos por fileira (NGF), massa de mil grãos (MMG) e o rendimento de grãos (RG). Neste estágio, avaliou-se também o componente morfológico comprimento de espiga (CE).

Os dados referentes às variáveis CE, AIE e AP foram obtidos com o auxílio de uma treina métrica, para a obtenção do DC utilizou-se um paquímetro digital e as demais variáveis (NGE, NFG e NGF), através da simples contagem. Para tal, foram amostradas dez plantas por unidade experimental, excluindo a área de bordadura. Para a MMG foram coletados os grãos e então foi determinada a massa com o auxílio de uma balança semi-analítica. O RG foi determinado através da mensuração da massa dos grãos colhidos na área útil de cada unidade experimental, que foi de 4 m^2 . Os dados foram corrigidos para o teor de umidade de 13% e então extrapolados para kg por hectare.

Com o propósito de estimar a viabilidade econômica na substituição total e/ou parcial da adubação mineral por DLS, foi realizada uma análise econômica dos fertilizantes utilizados. Para tal, teve-se como referência a ausência de custos para a aquisição e aplicação do DLS, situação comum em muitas propriedades, que possuem excedente desse material. Para os fertilizantes minerais utilizados, considerou-se para ambas as safras o custo médio de: R\$ 62,00 a saca de 50 kg do formulado 09-33-12, R\$ 59,00 a saca de 0-20-20 e R\$ 60,00 a saca de ureia. O preço considerado para a saca de 60 kg de milho foi de R\$ 24,24 e R\$ 38,14 para 2014/15 e 2015/16, respectivamente. Os custos operacionais de carregamento, transporte e distribuição do DLS e dos fertilizantes minerais foram desconsiderados. Ao final se obteve o lucro bruto parcial (LBP), como parâmetro de magnitude, sendo o valor da subtração dos gastos com o fertilizante mineral sobre a renda bruta, excluindo os gastos excedentes com a aquisição das sementes, defensivos e os demais custos operacionais.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, e apresentando significância ($p < 0,05$), aplicou-se o teste de comparação de médias múltiplas Scott Knott ao nível de probabilidade de 5%. Também foi realizada análise de correlação de Pearson entre as variáveis respostas à 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as combinações de adubos testados para os componentes morfológicos da cultura do milho nas duas safras (2014/15 e 2015/16) (Quadro 2), com exceção ao DC na safra 2014/15. Para a variável DC o tratamento com associação do fertilizante mineral NPK 0-20-20/10 m³ + 40 m³ de DLS em cobertura foi inferior às demais combinações de adubação.

Castoldi *et al.* (2011) avaliaram a influência de fontes de adubação orgânica (DLS) e mineral na cultura do milho sob condições de clima subtropical, em um solo argiloso no estado do Paraná, e não constataram diferenças significativas entre as fontes avaliadas para o DC, todavia, observaram uma tendência onde o tratamento envolvendo o uso do DLS apresentou valores inferiores às demais fontes testadas. Tal condição é justificada em partes pelas menores concentrações de NPK contidas no DLS, em relação à fertilização mineral, além do maior desbalanço entre estes elementos.

A diferença observada para a variável DC na primeira safra no tratamento 0-20-20/10 m³ + 40 m³ (Quadro 2) pode estar relacionada ao desequilíbrio entre os elementos, sendo que o N foi adicionado em menor quantidade via DLS e o K teve maior adição via adubação mineral (Quadro 1). Segundo Cantarella (2007), o desequilíbrio entre esses dois

elementos, devido à elevada adição de K, pode levar a uma deficiência de N por efeito de diluição ocasionado pelo crescimento da planta.

Para os componentes de produção da cultura do milho, as combinações de adubação testadas não influenciaram significativamente os parâmetros avaliados (Quadro 2). Exceção ocorreu para o NGF, que apresentou comportamento similar ao DC, na safra 2014/15, com o tratamento fertilizante mineral NPK 0-20-20/10 m³ + 40 m³ de DLS em cobertura, sendo inferior aos demais. Na safra 2015/16, o tratamento composto pela associação de DLS 50 m³ + Ureia em cobertura destacou-se para a variável de NGF, sendo superior aos demais.

Os menores resultados de NGF observados nos tratamentos 0-20-20/10 m³ de DLS na base + 40 m³ de DLS em cobertura e DLS na base + DLS em cobertura (Quadro 2), podem estar relacionados à menor disponibilidade de N na base. Isso ocorreu devido à ausência de N na formulação da adubação mineral no T2, e que o N disponibilizado pelo DLS foi na proporção de 28 kg ha⁻¹, em ambos tratamentos (Quadro 1), liberado de forma lenta e gradual durante o ciclo.

Além disso, como já citado anteriormente para a relação N/K, o desequilíbrio na relação N/P, também é um fator que pode ter contribuído para a redução do NGF frente aos demais tratamentos.

Quadro 2 - Componentes morfológicos e de rendimento do milho cultivado sob combinações entre adubação mineral e orgânica (DLS) nas safras 2014/15 e 2015/16. Curitiba-SC, Brasil

| Safra 2014/15 | | | | | | |
|-------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Tratamentos | AP (m) | AIE (m) | DC (mm) | CE (cm) | NFG | NGF |
| 09-33-12 + Ureia | 2,15ns | 1,28ns | 26,22 a | 14,68ns | 16,25ns | 30,33 a |
| 0-20-20/DLS + DLS | 2,12 | 1,24 | 20,90 b | 13,68 | 17,00 | 26,00 b |
| DLS + DLS | 2,10 | 1,29 | 25,62 a | 14,62 | 16,25 | 32,12 a |
| 09-33-12 + DLS | 2,06 | 1,19 | 23,76 a | 14,25 | 16,50 | 31,33 a |
| DLS + Ureia | 2,15 | 1,30 | 24,21 a | 14,62 | 16,75 | 33,00 a |
| CV% | 5,72 | 7,45 | 8,14 | 6,09 | 3,62 | 6,18 |
| Safra 2015/16 | | | | | | |
| Tratamentos | AP (m) | AIE (m) | DC (mm) | CE (cm) | NFG | NGF |
| 09-33-12 + Ureia | 1,91ns | 0,91ns | 21,32ns | 14,75ns | 17,00ns | 25,83 b |
| 0-20-20/DLS + DLS | 1,94 | 0,90 | 20,56 | 14,75 | 17,25 | 26,37 b |
| DLS + DLS | 1,88 | 0,91 | 19,67 | 15,25 | 16,25 | 25,91 b |
| 09-33-12 + DLS | 1,96 | 0,92 | 20,55 | 15,31 | 16,25 | 26,62 b |
| DLS + Ureia | 2,00 | 0,96 | 21,97 | 16,00 | 17,00 | 29,75 a |
| CV% | 7,95 | 15,08 | 8,51 | 6,57 | 5,02 | 5,43 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, ao nível de probabilidade 5%. ns* não significativo

Fageria (2001) cita que a resposta de uma cultura ao P é influenciada pela adubação nitrogenada, onde a maior disponibilidade de N pode resultar no aumento de rendimento devido à presença de P, visto que as interações entre estes e outros elementos já são conhecidas. Queiroz *et al.* (2011) observaram incrementos lineares na produtividade da cultura do milho em função do aumento das doses de N, demonstrando, dessa forma, que o N desempenha um papel fundamental na formação de grãos, desde que os demais nutrientes não estejam limitantes.

Na safra 2015/16 foi observado diferença para o NGF somente para o tratamento com 50 m³ DLS na base + Ureia em cobertura, que se mostrou superior aos demais (Quadro 2). Neste caso, a aplicação de um volume maior de DLS na semeadura do milho pode ter garantido a disponibilização uniforme dos nutrientes requeridos pela cultura, sem que houvesse um desbalanço na relação entre os elementos. Esse incremento em volume e consequentemente na disponibilidade de N (forma amoniacal) e K, principalmente, promoveu um aumento no NGF, refletindo na capacidade produtiva da planta devido à formação de maior quantidade de grãos.

Para a massa de mil grãos, os tratamentos testados influenciaram de forma significativa ($p < 0,05$), em ambas as safras (Quadro 3). Na safra 2014/15, o tratamento com 50 m³ DLS na base + Ureia em cobertura foi superior aos demais. Do mesmo modo, para a safra 2015/16 o tratamento com 50 m³ DLS na base + Ureia em cobertura apresentou maior massa de mil grãos, sendo semelhante ao tratamento com 0-20-20 + 10 m³ de DLS na base + 40 m³ de DLS em cobertura. O aumento na oferta de N pode prolongar o período de translocação de assimilados e N para os grãos, aumentando assim, a massa de mil grãos (Ferreira *et al.*, 2001). O aumento na disponibilidade de P e K em função do incremento das doses de DLS, por meio da adição de 50 m³, possivelmente favoreceu o aumento na taxa de translocação destes nutrientes para os grãos. Conforme Ferreira *et al.* (2001), a maior disponibilidade nutricional favorece aumentos na produtividade, pois está diretamente relacionada com o maior transporte de fotoassimilados aos grãos. Seidel *et al.* (2010) também obtiveram resultados semelhantes para a MMG com o uso de DLS, sendo equivalente

ao desempenho obtido com a adubação mineral. Sartor *et al.* (2012) verificaram resposta similar, onde o melhor desempenho observado na cultura do milho foi com a dose de 60 m³ ha⁻¹ de DLS.

Para as duas safras avaliadas, o tratamento que consistiu na aplicação de 10 m³ na base + 40 m³ ha⁻¹ de DLS em cobertura apresentou o menor rendimento, sendo significativamente inferior às demais formas de adubação (Quadro 3). Isso se relaciona à baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente N, na fase inicial de desenvolvimento da cultura, sendo um dos períodos críticos e que compreende a definição do potencial produtivo. Ribeiro *et al.* (2018) destacam a importância da adubação nitrogenada na base, sendo suplementada por posterior adubação nitrogenada no estágio V4 da cultura. Segundo os autores, em condições pluviométricas normais a aplicação de 1/3 da demanda de N pela cultura na base e o restante em V4 é a melhor forma de manejo da adubação nitrogenada em milho nas mesmas condições do presente estudo.

Com relação ao rendimento de grãos na safra 2014/15, o tratamento com 09-33-12 na base + Ureia em cobertura (testemunha mineral), se mostrou significativamente superior aos demais ($p < 0,05$) (Quadro 3), com uma produtividade de 19348 kg ha⁻¹. Nessa safra ocorreram condições ideais para altas produtividades na região, pois as condições meteorológicas, no geral, foram homogêneas, configurando elevadas temperaturas e uma distribuição da precipitação pluviométrica regular ao longo de todo o ciclo da cultura (Figura 1). Observa-se ainda,

Quadro 3 - Massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) submetidas a combinações entre adubação mineral e orgânica nas safras (DLS) 2014/15 e 2015/16. Curitiba-SC, Brasil

| Tratamentos | MMG (g) | | RG (kg ha ⁻¹) | |
|-------------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|
| | Safra 2014/15 | Safra 2015/16 | Safra 2014/15 | Safra 2015/16 |
| 09-33-12 + Ureia | 320,3 b | 381,3 b | 19348 a | 11411 b |
| 0-20-20/DLS + DLS | 322,6 b | 413,6 a | 15444 c | 10396 c |
| DLS + DLS | 300,4 c | 359,8 c | 12778 d | 7886 d |
| 09-33-12 + DLS | 330,8 b | 388,0 b | 16224 c | 11229 b |
| DLS + Ureia | 345,3 a | 405,4 a | 17352 b | 13617 a |
| CV% | 3,53 | 2,63 | 5,37 | 3,67 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, ao nível de probabilidade de 5%. ns* não significativo

que a precipitação acumulada ocorrida no período de cultivo foi superior (995 mm) e bem distribuída, enquanto que na safra 2015/16 foi de 957,6 mm e mal distribuída. Além disso, as condições de solo (elevado teor de MO) e o híbrido utilizado foram fatores que, quando somados, favoreceram os valores de produtividade de milho acima da média nacional. Ribeiro *et al.* (2018), em um trabalho conduzido sobre as mesmas condições ambientais e de solo citadas no presente estudo, nesta mesma safra agrícola ao aplicar adubo mineral 0-20-20 na base mais ureia em cobertura, também observaram produtividades elevadas, próximas à 13000 kg ha⁻¹, sendo superior à média estadual e nacional, de 7750 kg ha⁻¹ e 4750 kg ha⁻¹, respectivamente (CONAB, 2018).

Na safra 2015/16 o tratamento com 50 m³ ha⁻¹ de DLS na base + Ureia em cobertura foi superior aos demais com uma produtividade de 13600 kg ha⁻¹ (Quadro 3), sendo superior até à testemunha mineral (11411 kg ha⁻¹). Moraes *et al.* (2014) encontraram incrementos de produtividade de milho com doses a partir de 25 m³ ha⁻¹, em relação ao tratamento testemunha, sem adubação, com 17% de aumento em produtividade, enquanto que para as doses de 50, 75 e 100 m³ ha⁻¹, o incremento foi de 49, 45 e 52%, respectivamente. A partir disso, nota-se a eficiência do uso do DLS na substituição total ou parcial ao adubo mineral, que por estar em formas prontamente solúveis podem ser facilmente perdidos para o ambiente, enquanto o adubo orgânico é liberado em frações proporcionais a velocidade de mineralização. Isso ocorre em condições de média alta temperatura e umidade, à exemplo do observado no presente estudo (temperatura média das safras de 20 °C) (Figura 1), onde a atividade microbiana e os processos de mineralização podem ter contribuído parcialmente, favorecendo a decomposição da matéria orgânica e carbono lábil do DLS, consequentemente, liberando nutrientes ao solo (Matsuoka *et al.*, 2019).

Apesar de a safra 2015/16 apresentar rendimentos inferiores à safra 2014/15, as produtividades mantiveram-se elevadas (Quadro 3), e acima da média estadual. Como já citado, nota-se que as precipitações acumuladas foram superiores no primeiro ano agrícola, o que justifica parcialmente as maiores produtividades observadas. Já na segunda safra, além da ocorrência de um menor regime

pluviométrico, a distribuição ocorreu em períodos concentrados, seguidos por períodos de escassez, como observado no mês de janeiro (Figura 1B).

Em geral, se observa que os tratamentos que receberam alguma forma de N (mineral ou orgânica) em maiores proporções durante a semeadura apresentaram parâmetros de produtividade superiores, o qual pode ter reduzido a imobilização de N pela palhada da cultura antecessora (Ribeiro *et al.*, 2018). Scherer (2011) constatou incrementos no rendimento de milho em função das doses de DLS, reiterando o valor desse resíduo orgânico como adubo, na substituição parcial ou total, frente ao adubo mineral.

A adubação orgânica com DLS quando utilizada individualmente não se mostrou tão eficiente quanto às demais combinações avaliadas. Todavia, mesmo não apresentando o rendimento observado com o uso das fontes minerais associadas ao DLS, ainda garantiu um rendimento de grãos superior à média estadual e nacional, que são de 7329 e 4796 kg ha⁻¹, respectivamente (safra 2015/16) (CONAB, 2016).

Em relação à análise de correlação, observou-se que na safra 2014/15 nenhuma das variáveis mensuradas correlacionou-se com os componentes de produção (MMG e RG), sendo o coeficiente de correlação mais expressivo observado entre DC e CE (0,95) (Quadro 4). Isso corrobora com os dados já citados anteriormente, que destacam a relação entre o DC e a capacidade de translocação de solutos resultando em maior produtividade.

Já na safra 2015/16, o RG correlacionou-se com o DC e AP, com coeficientes de correlação de 0,95 e 0,87, respectivamente. Estas variáveis explicam o RG pelo fato de que uma planta com maior capacidade estrutural (maior DC e AP), tende a apresentar uma maior capacidade de assimilação fotossintética quando as condições ambientais são favoráveis, garantindo o aumento da capacidade de RG da cultura.

Observa-se que o coeficiente de correlação mais expressivo foi encontrado entre RG e DC, corroborando com Kappes *et al.* (2009) e Besen *et al.* (2018). Ainda, observou-se uma correlação significativa entre o NGF e a AIE, e o NGF e a AP. Os resultados

Quadro 4 - Matriz de correlação linear para os componentes de produção da cultura do milho safras 2014/15 e 2015/16. Curitiba-SC, Brasil

| Safr 2014/15 | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Parâmetros ⁽¹⁾ | AIE | AP | NFG | NGF | CE | MMG | RG |
| DC | 0,51 ^{ns} | 0,20 ^{ns} | -0,92 ^{**} | 0,73 ^{ns} | 0,95 ^{**} | -0,30 ^{ns} | 0,19 ^{ns} |
| AIE | | 0,73 ^{ns} | -0,23 ^{ns} | 0,40 ^{ns} | 0,63 ^{ns} | -0,12 ^{ns} | 0,03 ^{ns} |
| AP | | | 0,09 ^{ns} | -0,05 ^{ns} | 0,30 ^{ns} | 0,27 ^{ns} | 0,58 ^{ns} |
| NFG | | | | -0,56 ^{ns} | -0,76 ^{ns} | 0,53 ^{ns} | -0,01 ^{ns} |
| NGF | | | | | 0,86 [*] | 0,15 ^{ns} | 0,01 ^{ns} |
| CE | | | | | | -0,05 ^{ns} | 0,23 ^{ns} |
| MMG | | | | | | | 0,59 ^{ns} |

| 2015/16 | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Parâmetros ⁽¹⁾ | AIE | AP | NFG | NGF | CE | MMG | RG |
| DC | 0,70 ^{ns} | 0,71 ^{ns} | 0,61 ^{ns} | 0,72 ^{ns} | 0,40 ^{ns} | 0,57 ^{ns} | 0,95 ^{**} |
| AIE | | 0,73 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | 0,94 ^{**} | 0,93 ^{**} | 0,23 ^{ns} | 0,73 ^{ns} |
| AP | | | 0,27 ^{ns} | 0,84 [*] | 0,65 ^{ns} | 0,73 ^{ns} | 0,87 ^{**} |
| NFG | | | | 0,26 ^{ns} | -0,22 ^{ns} | 0,75 ^{ns} | 0,49 ^{ns} |
| NGF | | | | | 0,87 ^{**} | 0,51 ^{ns} | 0,76 ^{ns} |
| CE | | | | | | 0,09 ^{ns} | 0,48 ^{ns} |
| MMG | | | | | | | 0,66 ^{ns} |

^{ns} Não significativo; ^{*}Significativo ao nível de probabilidade de 5%; ^{**}Significativo ao nível de probabilidade de 1%

demonstram que nas condições de clima ameno e em solos com boa fertilidade, o rendimento de grãos está associado a variáveis relacionadas ao crescimento da planta, e não necessariamente aos componentes de rendimento apenas.

A análise econômica para a safra 2014/15 (Quadro 5) apresentou uma relação direta entre a produtividade e o lucro obtido, independentemente do custo de produção com fertilizantes minerais, uma vez que as combinações entre os fertilizantes minerais e o DLS não apresentaram efeito sobre o lucro final. A testemunha mineral (09-33-12 + Ureia), embora tenha apresentado o maior custo de produção (R\$ 674,00 ha⁻¹), foi a que proporcionou o maior lucro bruto parcial, cerca de R\$ 7.142,95 ha⁻¹.

Para a safra 2015/16, o tratamento com a aplicação de 50 m³ de DLS na base + Ureia em cobertura foi o que propiciou o maior lucro bruto parcial, R\$ 8.056,24, sendo um reflexo da maior produtividade em relação aos demais tratamentos (Quadro 5). Ao avaliar as demais abordagens, constatou-se que a substituição da ureia pela aplicação de 50 m³ de DLS ha⁻¹ proporcionou um aumento no lucro em R\$ 124,09 ha⁻¹, mesmo tendo produzido 182,34 kg ha⁻¹ a menos que o tratamento constituído pela fonte mineral.

Tal condição comprova a viabilidade do uso do DLS em substituição parcial às fontes minerais, e que o maior lucro obtido é um reflexo da redução dos custos de produção e da otimização no uso dos

Quadro 5 - Análise econômica para cultura do milho submetida à aplicação combinada entre adubação mineral e orgânica (DLS) nas safras 2014/15 e 2015/16. Curitiba-SC, Brasil

| Tratamentos | PROD ¹ | RB ² | CFM ^{3*} | LBP ^{4**} |
|-------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|
| | kg ha ⁻¹ | -----R\$ ha ⁻¹ ----- | | |
| Safr 2014/15 | | | | |
| 09-33-12 + Ureia | 19348 | 7.816,95 | 674,00 | 7.142,95 |
| 0-20-20/DLS + DLS | 15444 | 6.239,38 | 590,00 | 5.649,38 |
| DLS + DLS | 12778 | 5.162,67 | - | 5.162,67 |
| 09-33-12 + DLS | 16224 | 6.554,54 | 434,00 | 6.120,54 |
| DLS + Ureia | 17352 | 7.010,21 | 600,00 | 6.410,21 |
| Safr 2015/16 | | | | |
| 09-33-12 + Ureia | 11411 | 7.253,90 | 674,00 | 6.579,90 |
| 0-20-20/DLS + DLS | 10396 | 6.608,68 | 590,00 | 6.018,68 |
| DLS + DLS | 7886 | 5.013,33 | - | 5.013,33 |
| 09-33-12 + DLS | 11229 | 7.137,99 | 434,00 | 6.703,99 |
| DLS + Ureia | 13617 | 8.656,24 | 600,00 | 8.056,24 |

¹Produtividade de milho; ²Renda bruta; ³Custo com fertilizante mineral; ⁴Lucro bruto parcial, ^{*}Média de preço do milho praticado no estado de Santa Catarina em março de 2015 (R\$ 24,24 saca de 60 kg), e em março de 2016 (R\$ 38,14 saca de 60 kg) (CONAB, 2016). ^{**}(Fertilizantes comercializados em Curitiba-SC, em novembro de 2014), sendo: ureia no valor de R\$ 65,00 a saca de 50 kg; 09-33-12 no valor de R\$ 62,00 a saca e 0-20-20 no valor de R\$ 60,00 a saca. ^{***}Montante obtido a partir da subtração entre a RB e o CFM

subprodutos (DLS) encontrados na propriedade. Cassol *et al.* (2012), afirmaram que o DLS tende a ser reconhecido pela sua composição, possibilitando a substituição de fontes solúveis e, de modo consequente, a redução dos custos. Sousa *et al.* (2014), em trabalho realizado no Sudeste Brasileiro com a cultura do café, destacam que o DLS pode ser usado em conjunto com a adubação mineral para essa cultura, aumentando o rendimento de grãos e diminuindo os custos de produção, com isso obtendo maior lucro para o agricultor.

Pôde-se visualizar o efeito potencial do DLS como fertilizante para a cultura, onde associado parcialmente à adubação nitrogenada mineral em cobertura, teve a capacidade de reduzir os custos de implantação e estabelecimento da lavoura, garantindo rendimentos elevados.

CONCLUSÕES

O uso combinado de fertilizante mineral e dejetos líquido suíno, com maior adição de N na semeadura, permite redução dos custos de produção e manutenção de produtividades elevadas.

A aplicação de dejetos líquido suíno exclusivamente não se mostrou eficiente, como as demais combinações avaliadas, para a produtividade de milho.

A combinação de 50 m³ de DLS na base + 200 kg ha⁻¹ de ureia em cobertura, mostrou-se como a melhor opção para o manejo do adubo orgânico na cultura do milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Besen, M.R.; Ribeiro, R.H.; Mello, G.R.; Bratti, F. & Piva, J.T. (2018) – Fontes minerais de nitrogênio na sucessão milho – trigo em sistema de plantio direto. *Journal of Agronomic Sciences*, vol. 7, n. 1, p. 87-102.
- Cantarella, H. (2007) – Nitrogênio. In: Novais, R.F.; Alvarez, V.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B. & Neves, J.C.L. (Eds.) – *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375-470.
- Cassol, P.C.; Costa, A.C.; Ciprandi, O.; Pandolfo, C.M. & Ernani, P.R. (2012) – Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em Latossolo fertilizado com dejetos suíno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 36, n. 6, p.1911-1923. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000600025>
- Castoldi, G.; Costa, M.S.S.M.; Costa, L.A.M.; Pivetta, L.A. & Steiner, F. (2011) – Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. *Acta Scientiarum Agronomy*, vol. 33, n. 1, p.139-146. <http://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.766>
- Ceretta, C.A.; Lorensini, F.; Brunetto, G.; Giroto, E.; Gatiboni, L.C.; Lourenzi, C.R.; Tiecher, T.L.; Conti, L.; Trentin, G. & Miotto, A. (2010) – Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 45, n. 6, p.593-602. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000600009>
- CONAB (2016) – *Companhia Nacional de Abastecimento*. [cit. 2018-09-25]. <http://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/>
- CONAB (2018) – *A Cultura do Milho: Análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2007 a 2017*. Companhia Nacional de Abastecimento. vol. 14. [cit. 2019-04-29]. <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab>
- Fageria, V.D. (2001) – Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, vol. 24, n. 8, p.1269-1290. <https://doi.org/10.1081/PLN-100106981>
- FATMA (2011) – *Fundação do Meio Ambiente*. Suinocultura: IN 11. [cit. 2019-04-29]. http://www.fatma.sc.gov.br/site_antigo/downloads/images/stories/Instrucao%20Normativa%20IN%202011/in_11.pdf
- Ferreira, A.C.D.B.; Araújo, G.A.D.A.; Pereira, P.R.G. & Cardoso, A.A. (2001) – Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Scientia Agrícola*, vol. 58, n. 1, p.131-138. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162001000100020>
- IBGE (2016) – *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Produção da Pecuária Municipal*. Rio de Janeiro, vol. 44. [cit. 2018-09-25]. https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf
- IMEA (2018) – *Custo de produção do milho – safra 2017/2018*. [cit. 2018-09-25]. <http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/28032017194637.pdf>

- Kappes, C.; Carvalho, M.A.; Yamashita, O.M. & Silva, J.A.N. (2009) – Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 39, n. 3, p. 251-259.
- Matsuoka, M.; Caron, C.; Rosa, J.R.P.; Schalleberger, J.B.; Gomes, C.N. & Ros, C.O (2019) – Impacto da aplicação de dejetos líquidos de suínos na qualidade de solos do oeste catarinense. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, vol. 8, n. 1, p. 540-562. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v8e12019540-562>
- Moraes, M.T.; Arnuti, F.; Silva, V.R.; Silva, R.F.; Basso, C.J. & Da Ros, C.O. (2014) – Dejetos líquidos de suínos como alternativa a adubação mineral na cultura do milho. *Semina*, vol. 35, n. 6, p. 2945-2954. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n6p2945>
- Panison, F.; Sangoi, L.; Durli, M.M.; Leolato, L.S.; Coelho, A.E.; Kuneski, H.F. & Liz, V.O. (2019) – Timing and splitting of nitrogen side-dress fertilization of early corn hybrids for high grain yield. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 43, art. 338. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170338>
- Pinto, M.A.B.; Fabbris, C.; Basso, C.J.; Santi, A.L. & Giroto, E. (2014) – Aplicação de dejetos líquidos de suínos e manejo do solo na sucessão aveia/milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 44, n. 2, p. 205-212.
- Queiroz, A.M. de; Souza, C.H.E. de; Machado, V.J.; Lana, R.M.Q.; Korndorfer, G.H. & Silva, A de A. (2011) – Avaliação de diferentes fontes e doses de Nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea Mays* L.). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, vol. 10, n. 3, p. 257-266. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v10n3p257-266>
- Ribeiro, R.H.; Besen, M.R.; Fioreze, S.L. & Piva, J.T. (2018) – Management of nitrogen fertilization in maize cultivated in succession to black oats in a temperate climate. *Communicata Scientiae*, vol. 9, n. 2, p. 202-210. <https://doi.org/10.14295/cs.v9i2.2585>
- Rocha, K.F.; Cassol, L.C.; Piva, J.T.; Arruda, J.H.; Minato, E.A. & Favarsani, J.C. (2014) – Épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho num latossolo vermelho muito argiloso sob plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, vol. 13, p. 273-284.
- Santos, H.G. dos; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C. dos; Oliveira, V.A. de; Lumbreras, J.F.; Coelho, M.R.; Almeida, J.A. de; Cunha, T.J.F. & Oliveira, J.B. de (2013) – *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, DF: Embrapa, p. 353.
- Sartor, L.R.; Assmann, A.L.; Assmann, T.S.; Bigolin, P.E.; Miyazawa, M. & Carvalho, P.C.F. (2012) – Produtividade de milho, feijão, soja e trigo em resposta a aplicação de dejetos líquidos suínos. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, vol. 36, n. 2, p. 661-669. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000200035>
- Scherer, E.E. (2011) – Efeito de fontes orgânicas e mineral de nitrogênio sobre produção de milho e propriedades químicas do solo sob sistema plantio direto. *Revista Agropecuária Catarinense*, vol. 24, n. 1, p. 71-76.
- Seidel, E.P.; Gonçalves Junior, A.F.; Vanin, J.P.; Strey, L.; Schwantes, D. & Nacke, H. (2010) – Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. *Acta Scientiarum Technology*, vol. 32, n. 2, p. 113-117. <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v32i2.5312>
- Sousa, F.A.; Silva, E. de B.; Campos, A.T.; Gandini, A.M.M.; Corrêa, J.M. & Graziotti, P.H. (2014) – Atividade microbiana e produção da lavoura cafeeira após adubação com dejetos líquidos de suínos. *Bioscience Journal*, vol. 30, n. 4, p. 1041-1049.