

FÓSFORO LÁBIL E PRODUÇÃO ACUMULADA DO MILHO APÓS NOVE SAFRAS COM PLANTAS DE COBERTURA E FONTES FOSFATADAS^(*)

Augusto Leão Assis da Mata Rezende⁽¹⁾, João Henrique Silva da Luz⁽²⁾, Hanrara Pires de Oliveira⁽³⁾, André Luiz de Freitas Espinoza⁽²⁾, Paulo Sérgio Pavinato⁽⁴⁾

Palavras-chave: *Zea Mays* ; Legacy P; Sistema de Produção; Sustentabilidade.

O uso frequente fertilizantes fosfatados resulta no acúmulo de P nos solos (também conhecido como *Legacy P*) em formas orgânicas (Po) e inorgânicas (Pi). No entanto, grande parte destas formas de P não estão disponíveis para absorção pelas culturas comerciais (PAVINATO et al., 2020 - <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72302-1>). O cultivo de plantas de coberturas, na entressafra, pode aumentar a disponibilidade de P para as culturas comerciais por possuírem diferentes estratégias de aquisição de P que podem acessar o *Legacy P* do solo (HALLAMA et al., 2019 - <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3810-7>).

O objetivo foi avaliar o teor de P lábil no solo e a produção acumulada da cultura do milho em experimento de longo prazo com plantas de cobertura e fontes fosfatadas na região sul do Brasil.

O experimento foi conduzido de 2009 a 2017 (nove safras) na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), município de Dois Vizinhos - PR (25° 44' 05" S, 53° 03' 31" W), a 509 m de altitude. A classificação climática, segundo Köppen, é subtropical úmido mesotérmico, tipo "Cfa". A temperatura média nos meses mais quentes é 22 °C e nos mais frios 13 °C, com pluviosidade média anual de 2100 mm.

O delineamento experimental foi estabelecido em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, em esquema fatorial 3 x 6, com três repetições. O primeiro fator foi composto por fosfato natural da Argélia (FN, 9% de P₂O₅ solúvel e 29% de P₂O₅ total), superfosfato simples (SSP, 18% de P₂O₅ solúvel) e um controle (sem aplicação de fosfato). O segundo fator foi plantas de coberturas de inverno (ervilhaca - *Vicia sativa*, tremoço-branco - *Lupinus albus*, nabo forrageiro - *Raphanus sativus*, azevém - *Lolium multiflorum* e aveia preta - *Avena strigosa*) e um pousio com dessecação frequente das plantas espontâneas. A cultura de comercial foi o milho cultivado no verão. As parcelas foram de 5 x 5 m (25 m²).

A adubação fosfatada foi realizada anualmente ao longo das safras de 2009 até 2015, com dose média de 45,8 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P solúvel, aplicada a lanço e sem incorporação (total de 335 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para SSP e 1078 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para FN). Essa adubação foi interrompida a partir de 2016, pois o P-Resina atingiu níveis muito altos (> 50 mg kg⁻¹) nas parcelas fertilizadas.

A colheita do milho foi realizada manualmente nas quatro linhas centrais de cada repetição/parcela, excluindo 0,5 m de bordadura ao final das linhas e também as duas linhas laterais de cada parcela. A produtividade (kg ha⁻¹) foi determinada após a debulha das espigas em trilhadeira estacionária, com umidade dos grãos corrigida para 13%.

Amostras de solos foram coletadas no início da safra 17/18, na camada de 5-10 cm. O P lábil foi determinado com a soma os teores obtidos extração sequencial de resina de troca aniônica (P_iresina), P lábil inorgânico (P_iBIC) e orgânico (P_oBIC) extraídos com 0,5 mol L⁻¹ NaHCO₃ em pH 8,5. O P obtido a partir das extrações foi determinado por colorimetria.

* Fonte financiadora: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

⁽¹⁾Discente de Agronomia na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Piracicaba – SP. E-mail: augustoleao@usp.br

⁽²⁾Engenheiro Agrônomo, Bolsista mestrado CAPES, Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Piracicaba – SP. E-mail: jhluz@usp.br e andreluizesp@usp.br

⁽³⁾Engenheira Agrônoma, Bolsista da FAPESP, Treinamento Técnico na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Piracicaba – SP. E-mail: hanrarapires25@gmail.com

⁽⁴⁾Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Piracicaba – SP. E-mail: pavinato@usp.br

Os dados foram avaliados por análise de variância (ANOVA, $p \leq 0,05$), e as médias comparadas pelo teste LSD ($p \leq 0,05$), desdobrando os fatores quando houvesse interação significativa.

Houve interação significativa entre fontes de P e coberturas de solo para o teor de P lábil no solo ($p = 0,012$). O P lábil aumentou com aplicação de P em todas as culturas, independente da fonte, com exceção para Aveia preta onde o P lábil sob FN foi semelhante ao tratamento sem P. As plantas de cobertura não modificaram os teores de P lábil sem aplicação de P. O pousio acumulou mais P lábil tanto para SSP como FN (Tabela 1).

Tabela 1. Fósforo lábil e produção acumulada do milho em função de plantas de cobertura e fontes fosfatadas de 2009 a 2017.

Plantas de cobertura	P lábil (mg kg ⁻¹)				Produção acumulada (t ha ⁻¹)			
	Sem-P	SSP	FN	Médias	Sem-P	SSP	FN	Média
Pousio	55.9 ^{Ba}	108 ^{Aa}	94 ^{Aa}	86	38	52	53	48 ^{ns}
Ervilhaca	49.9 ^{Ba}	76 ^{Abc}	76 ^{Ab}	67	38	52	53	47
Tremoço-branco	48.9 ^{Aa}	60 ^{Ad}	58 ^{Ad}	56	37	54	58	50
Nabo-forrageiro	53.0 ^{Ba}	68 ^{AcD}	59 ^{Abcd}	60	36	50	53	46
Azevém	52.1 ^{Ca}	89 ^{Ab}	70 ^{Bbc}	70	38	54	54	49
Aveia-preta	52.4 ^{Ba}	91 ^{Ab}	62 ^{Bcd}	68	37	49	52	46
Média	52,0	82,6	69,5	68,0	37 B	52 A	54 A	47

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula em linha e minúscula na coluna não foram diferentes entre si a $p < 0,05$ pelo teste de LSD. Sem-P: sem aplicação de fosfato; SSP: superfosfato simples; FN: fosfato natural; ns: não-significativo.

As plantas de cobertura atuam por meio de diferentes mecanismos, que ocorrem de maneira simultânea no solo, influenciando na disponibilização de P para o milho verão. Entre eles a liberação de exsudatos radiculares, ácidos orgânicos, que atuam diretamente na dissociação dos colóides do solo, mobilizando o P para a solução, além do aumento e diversificação das populações microbianas no solo que realizam a ciclagem do P. Algumas espécies de plantas de cobertura são capazes de aumentar a liberação desses ácidos orgânicos e absorver formas de baixa disponibilidade de P, em situação de deficiência (HALLAMA et al., 2019 - <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3810-7>).

A produção acumulada das nove safras foi influenciada apenas pelo efeito das fontes fosfatadas (Tabela 1). Porém, o fosfato natural não diferiu do superfosfato simples - fonte acidulada, com produção acumulada de 17 e 15 t ha⁻¹, respectivamente, superior quando comparada à ausência da adubação fosfatada. Assim, a produção acumulada não foi afetada diretamente pelos tipos de plantas de cobertura pois provavelmente os outros fatores de produtividade, como luminosidade e disponibilidade hídrica, podem ter exercido efeitos mais significativos na produção acumulada de milho.

O incremento de P lábil nas parcelas adubadas foi superior frente às parcelas não fertilizadas, mas não se traduziu em ganhos de produção acumulada ao milho. Porém, à longo prazo em supressão de adubação, esses teores podem ser facilmente disponibilizados para suprir a demanda da cultura do milho.

Portanto, as plantas de cobertura alteram o P lábil do solo conforme a fonte fosfatada utilizada, embora não alterem a produção acumulada em nove safras consecutivas na cultura do milho. O fosfato natural aplicado em quantidade equivalente de P solúvel, apresenta produção acumulada semelhante ao superfosfato simples, em longo prazo.