



## Acúmulo de formas de fósforo em solo cultivado com cebola sob sistema plantio direto de hortaliças

*Accumulation of phosphorus forms in soil cultivated with onion in no-till system*

OLIVEIRA, Rodolfo<sup>1</sup>; COMIN, Jucinei<sup>2</sup>; GATIBONI, Luciano<sup>3</sup>; KÜRTZ,  
Claudinei<sup>4</sup>; LOURENZI, Cledimar<sup>5</sup>; BRUNETTO, Gustavo<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), rodolfo.assis@posgrad.ufsc.br; <sup>2</sup>Professor Titular, UFSC;

<sup>3</sup>Professor Titular, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC); <sup>4</sup>Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI); <sup>5</sup>Professor Adjunto, UFSC; <sup>6</sup>Professor Adjunto, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

**Tema Gerador:** Manejo de Agroecossistemas e Agricultura Orgânica

### Resumo

O estudo objetivou avaliar o acúmulo de formas de P em solos cultivados com longo histórico de cultivo de cebola, sob sistema plantio direto de hortaliças. O experimento foi conduzido na área experimental da Empresa de Pesquisa e Extensão Agropecuária de Santa Catarina. Em abril de 2009 foram implantados os seguintes tratamentos: vegetação espontânea, aveia preta, centeio, nabo-forrageiro, nabo-forrageiro + aveia preta e nabo-forrageiro + centeio. Em agosto de 2013 foi aberta uma trincheira em cada parcela e coletadas amostras de solo nas camadas de 0-2,5, 2,5-5,0, 5,0-10, 10-15, 15-20 e 20-40 cm. O solo foi submetido ao fracionamento químico de P. Calculou-se as formas de P lábil, moderadamente lábil e não lábil. A adição de resíduos de plantas de cobertura como vegetação espontânea e nabo-forrageiro + aveia preta promoveu o aumento de todas as formas de P no solo (P lábil, P moderadamente lábil e P não lábil), nas camadas superficiais do solo (0-2,5 cm). Os maiores teores de P no solo foram obtidos, principalmente, na fração lábil, o que aumenta a disponibilidade de P às plantas.

**Palavras-chave:** frações de fósforo; plantas de cobertura; Allium cepa.

### Abstract

The study aimed to evaluate the accumulation of P forms in soils cultivated with long history of onion cultivation under no-till. The experiment was conducted in the experimental area of the Empresa de Pesquisa e Extensão Agropecuária de Santa Catarina. In April 2009 the following treatments were implemented: spontaneous vegetation, black oats, rye, radish oil, radish oil + black oat and radish oil + rye. In August 2013 a trench was opened in each plot and soil samples were collected in the layers 0-2.5, 2.5-5.0, 5.0-10, 10-15, 15-20 and 20-40 cm. The soil was subjected to chemical fractionation of P. Were determined the forms of P were labile, moderately labile and non-labile. The addition of cover crop residues as spontaneous vegetation and radish oil + black oat promoted the increase of all forms of P in the soil (P labile, P moderately labile and P non-labile) in the superficial layers of the soil (0-2.5 cm). The highest levels of P in the soil were mainly obtained in the labile fraction, which increases the availability of P to the plants.

**Keywords:** fractions of phosphorus; cover crops; Allium cepa.



## Introdução

No estado de Santa Catarina (SC) a produção intensiva de cebola o uso indiscriminado de agrotóxicos e adubos solúveis e o intenso preparo do solo, com o uso intensivo de máquinas agrícolas refletem a presença de solos degradados. Por isso, surge o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças como alternativa para transição agroecológica, onde resíduos de plantas de cobertura são depositados na superfície do solo nas entrelinhas de plantio, principalmente, no final do inverno e início da primavera (EPA-GRI, 2009). Assim, tem-se maior proteção da superfície do solo contra o impacto das gotas de chuva, o que reduz a erosão hídrica, além de suprimir a incidência de plantas espontâneas e aumentar o armazenamento de água no perfil do solo. Parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas de cobertura é acumulada no sistema radicular ou na parte aérea, reduzindo as perdas de nutrientes, como o fósforo (P), e mesmo a sua adsorção às partículas reativas do solo (Oliveira et al., 2016).

A dinâmica do P em solos brasileiros é tema frequente de pesquisas, abordando a influência da mineralogia do solo, do uso de fertilizantes minerais e orgânicos. De acordo com Lajtha & Harrison (1995), as plantas podem apresentar mecanismos que auxiliam na aquisição de P, como o aumento na relação raiz/parte aérea, uma maior taxa de absorção por unidade de raiz, o aumento da exsudação radicular de fosfatases e complexantes orgânicos, e a associação micorrízica. Por isso, as plantas podem absorver diferentes quantidades de P em um mesmo solo, resultando em maior ou menor ciclagem de P pela deposição dos resíduos culturais na superfície. Com isso, espera-se que o cultivo de plantas de cobertura e a deposição de resíduos possa alterar a distribuição de formas de P em solos.

Com o uso da técnica do fracionamento químico de P (Hedley et al., 1982), se tem observado que em solos com histórico de aplicações sucessivas de fertilizantes fosfatados, em geral, ocorre o acúmulo de frações inorgânicas e orgânicas do nutriente no solo em diferentes graus de energia de ligação, mas com acúmulo mais pronunciado nas frações inorgânicas. Assim, se espera que quanto maior for a quantidade aplicada de fertilizantes fosfatados ao longo dos anos, maior será a saturação dos sítios de maior energia de ligação e, por consequência, mais disponível será o P. As frações lábeis podem contribuir para a nutrição das plantas, mas parte pode ser perdida pela água escoada na superfície do solo ou percolada no perfil do solo. Já o P extraído pelo NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> e NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> representam o P inorgânico ligado aos óxidos e às argilas silicatadas com energia de ligação intermediária e o P orgânico de frações moderadamente lábeis (Cross & Schlesinger, 1995). O HCl extrai o P inorgânico contido nos fosfatos de cálcio e fortemente adsorvido e, finalmente, a digestão do solo com



$H_2SO_4 + H_2O_2 + MgCl_2$  extrai o P residual inorgânico + orgânico do solo, denominado de P não lábil, que pode contribuir para a nutrição das plantas em situações de extrema carência no solo, porém não em taxas adequadas ao suprimento das plantas (Gatiboni et al., 2007). No entanto, ainda são escassos os estudos em solos tropicais e subtropicais sobre as formas de P em solos com a aplicação de Fonte orgânicas de P ao longo dos anos, aliado ao cultivo de plantas de cobertura, em área de sistema plantio direto de cebola.

O estudo objetivou avaliar o acúmulo de formas de P em solos cultivados com longo histórico de cultivo de cebola, sob sistema plantio direto de hortaliças.

## Material e Métodos

O experimento foi instalado em abril de 2009 na área experimental da Empresa de Pesquisa e Extensão Agropecuária do Estado de Santa Catarina, em Ituporanga, região do Alto Vale do Itajaí (SC). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é subtropical úmido, com temperatura média anual de 17,6°C e precipitação anual média de 1.400 mm. O solo foi classificado como Cambissolo Húmico e na camada de 0-10 cm, apresentava as seguintes características químicas: matéria orgânica 40 g kg<sup>-1</sup>; pH 6,0; P e K disponíveis 26,6 e 145,2 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente (extraídos por Mehlich-1); Al, Ca e Mg trocáveis 0,0, 7,2 e 3,4 cmolckg<sup>-1</sup> (extraídos por KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); CTCpH7,0 14,32 cmolc kg<sup>-1</sup>; CTCpH7,0 por bases (V) 76% e saturação CTCEfetiva por alumínio (m) 34%.

Os tratamentos consistiram de testemunha com vegetação espontânea (VE); Aveia preta (*Avena strigosa*; 120 kg ha<sup>-1</sup> de sementes) (AV); Centeio (*Secale cereale* L.; 120 kg ha<sup>-1</sup> de sementes) (CE); Nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*; 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes) (NF); Nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*; 10 kg ha<sup>-1</sup> de sementes) + Centeio (*Secale cereale* L.; 60 kg ha<sup>-1</sup> de sementes) (NF + CE); e Nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*; 10 kg ha<sup>-1</sup> de sementes) + Aveia-preta (*Avena strigosa*; 60 kg ha<sup>-1</sup> de sementes) (NF + AV). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com oito repetições. Cada unidade experimental possuía 5 x 5 m (25 m<sup>2</sup>).

Em junho de 2013, todas as espécies de inverno foram acamadas com o auxílio de um rolo-faca, para a deposição dos resíduos sobre a superfície do solo, e foram aplicados na superfície do solo 42 kg de P ha<sup>-1</sup>, na forma de fosfato natural de Gafsa; 104 kg de K ha<sup>-1</sup>, 160 kg de N ha<sup>-1</sup>, 5 Mg ha<sup>-1</sup> na forma de cama de frango na superfície do solo. Metade da cama de frango foi aplicada no transplante das mudas de cebola e o restante 30 dias após. Em seguida foi feito o plantio das mudas de cebola, cultivar Bola Precoce.



Em agosto de 2013, quatro anos após a implantação do experimento, foi aberta uma trincheira com dimensão de 40 x 40 x 40 cm em cada parcela. Em seguida, amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-2,5, 2,5-5,0, 5,0-10, 10-15, 15-20 e 20-40 cm. O solo foi seco ao ar, moído, passado em peneira com malha de 2 mm. O solo foi submetido ao fracionamento químico de P (Hedley et al., 1982). Os teores de fósforo obtidos por resina trocadora de cátions (P lábil), NaOH0,1 (P modernamente lábil) e HCl (P não lábil) no solo foram submetidos à análise de variância e, quando os efeitos foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

Os maiores teores de P lábil no solo foram observados, especialmente, na camada superficial do solo (0-2,5 cm), principalmente no solo com deposição de resíduos de VE e CE, comparativamente ao solo com deposição de resíduos de AV, NF, NF + AV e NF + CE (Tabela 1). Os maiores teores de P lábil na camada superficial do solo com deposição de resíduos da VE e CE podem ser atribuídos às maiores quantidades de P liberado durante o processo de decomposição das plantas de cobertura (Oliveira et al., 2017). De acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo CQFS-RS/SC (2016), os níveis de P na VE na camada superficial do solo de 0-2,5 cm são considerados altos. Esses Resultados podem ser explicados porque ao longo de 5 anos foram adicionados na adubação da cebola 20 Mg ha<sup>-1</sup> de resíduos de cama de aviário e 42 kg de P na forma de fosfato natural, reduzindo a exportação de P disponível nas camadas superficiais de solo, especialmente por se tratar de área com plantio direto. Dessa forma, os resíduos de cama de frango, que têm suas doses estabelecidas para atender a demanda de N das plantas de cebola, favoreceram o acúmulo de P nas camadas superficiais solo (Couto et al., 2017).

Os maiores teores de P moderadamente lábil na camada de 0-2,5 cm foram verificados no solo com deposição de resíduos da VE, em relação aos demais tratamentos (Tabela 1). Isso pode ser atribuído, provavelmente, à aplicação de P via adubação orgânica de manutenção, na superfície do solo e sem incorporação. Em geral, o P moderadamente lábil representa o P inorgânico ligado aos óxidos e às argilas silicatadas com energia de ligação intermediária, bem como o P orgânico de média e baixa labilidade (Cross & Schlesinger, 1995). Assim, o P moderadamente lábil pode ser transformado em P lábil, desde que haja a diminuição dos seus teores. Isso normalmente acontece quando as plantas absorvem o P ou quando ele é transferido por escoamento ou percolação (Couto et al., 2017).



**Tabela 1** - Fração de P lábil, P moderadamente lábil e P não lábil, em solo sob deposição de resíduos da vegetação espontânea (VE), aveia-preta (AV), centeio (CE), nabo-forrageiro (NF), nabo-forrageiro + aveia preta (NF + AV) e nabo-forrageiro + centeio (NF + CE).

Frações de P	Cama-das	VE	AV	CE	NF	NF + AV	NF + CE	CV (%)
<b>cm</b>		<b>mg kg<sup>-1</sup></b>						
P lábil	0-2,5	160 a <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	132 aB	161 aA	134 aB	118 aB	132 aB	6,5
	2,5-5,0	136 bA	121 aB	113 bBC	113 bBC	100 abC	118 aB	4,3
	5,0-10	94 cA	89 bA	92 bcA	69 cA	79 bcA	90 bA	13,3
	10-15	44 dB	54 cAB	71 cA	47 dB	54 cAB	49 cB	14,2
	15-20	36 dA	22 dC	37 dA	33 dAB	25 dBC	22 dC	13,3
	20-40	5 eA	3 dB	3 eAB	4 eAB	4 dAB	3 eAB	16,3
<b>CV (%)</b>		<b>7,5</b>	<b>10,9</b>	<b>10,2</b>	<b>8,7</b>	<b>14,6</b>	<b>7,9</b>	-
P moderadamente lábil	0-2,5	411 a <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	368 aAB	328 aB	330 aB	339 aB	330 aB	6,2
	2,5-5,0	316 bA	311 abA	328 aA	310 aA	256 bA	310 aA	14,9
	5,0-10	259 bA	316 abA	306 abA	286 abA	246 cbA	284 aA	11,3
	10-15	236 bCD	277 bAB	286 abA	260 abABC	218 cbD	238 aBCD	5,8
	15-20	229 bA	244 bA	238 bcA	230 bA	237 cbA	234 aA	5,3
	20-40	244 bA	269 bA	269 cA	232 bA	210 cA	239 aA	10,8
<b>CV (%)</b>		<b>12</b>	<b>9,4</b>	<b>5,9</b>	<b>10,4</b>	<b>5,9</b>	<b>13,7</b>	-
P não lábil	0-2,5	102 a <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	90 aAB	58 aB	91 aAB	101 aA	84 aAB	17,6
	2,5-5,0	60 bA	65 bA	68 aA	36 bB	48 bAB	53 bAB	14,4
	5,0-10	25 cA	27 cA	27 bA	25 cbA	14 cB	25 cA	10,8
	10-15	11 cA	12 dA	12 cbA	9 cdA	10 cA	11 dA	18,2
	15-20	4 cBC	3 dC	7 cbA	5 dAB	3 cBC	3 dBC	19,9
	20-40	3 cA	3 dA	2 cA	3 dA	4 cA	2 dA	23,8
<b>CV (%)</b>		<b>29,7</b>	<b>11,1</b>	<b>26,4</b>	<b>21,41</b>	<b>29,3</b>	<b>16,5</b>	-

<sup>(1)(2)</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna entre as camadas do solo para o mesmo extrator e maiúscula na linha entre as diferentes plantas de cobertura e na mesma profundidade não diferem entre si segundo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores teores de P não lábil, especialmente na camada de 0-2,5 cm foram verificados no solo com deposição de resíduos da VE e NF + AV, comparativamente ao solo com deposição de resíduos da AV, CE, NF e NF + CE (Tabela 1). O P não lábil é uma fração recalcitrante do nutriente, de difícil acesso pelos extractores químicos do solo e pode contribuir para a nutrição das plantas apenas em situações de extrema carência de P no solo e, somado a isso, é baixo o seu potencial de contaminação ambiental (Gatiboni et al., 2007).



## Conclusão

A adição de resíduos de plantas de cobertura como vegetação espontânea e nabo-forrageiro + aveia preta promoveu o aumento de todas as formas de P no solo (P lável, P moderadamente lável e P não lável), nas camadas superficiais do solo (0-2,5 cm). Os maiores teores de P no solo foram obtidos, principalmente, na fração lável, o que aumenta a disponibilidade de P para as plantas.

## Agradecimentos

Agradecemos a chamada MCTI/MAPA/MDA/MEC/MPA/CNPq Nº 81/2013 e à CHAMADA UNIVERSAL – MCTI/CNPq Nº 14/2014, a Capes pela bolsa de Doutorado concedida ao primeiro autor e ao CNPq pelas bolsas de produtividade em pesquisa concedidas ao segundo, terceiro, quinto e sexto autores.

## Referências Bibliográficas

- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. *Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Porto Alegre: SBCS Núcleo Regional Sul/UFRGS, p. 375, 2016.
- COUTO, R. R.; FERREIRA, P. A. A.; CERETT, C. A.; LOURENZI, C. R. et al. Phosphorus fractions in soil with a long history of organic waste and mineral fertilizer addition. *Bragantia*, v. 76, p. 155–166, 2017.
- CROSS, A. F. & SCHLESINGER, W. H. A literature review and evaluation of the. Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma*, v. 64, n. 3 - 4, p. 197–214, 1995.
- EPAGRI. *Síntese anual da agricultura de Santa Catarina*, p. 191, 2009.
- GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. et al. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejeto líquido de suínos em pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1753–1761, 2008.
- GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S. et al. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 1, p. 691–699, 2007.
- HEDLEY, M. J.; STEWART, J. W. B.; CHAUHA, B. S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society of America Journal*, v. 46, p. 970–976, 1982.



LAJTHA, K. & HARRISON, A. F. Strategies of phosphorus acquisition and conservation by plant species and communities. In: TIESSEN, H. (Org.). Phosphorus in the global environmental: transfers, cycles and management. 1. ed. Chichester, UK: Wiley, p. 139–147, 1995.

OLIVEIRA, R. A. COMIN, J. J.; TIECHER, T. et al. Release of phosphorus forms from cover crop residues in agroecological no-till onion production. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 41, n. 1, p. 1-16, 2017.

OLIVEIRA, R. A.; BRUNETTO, G.; LOSS, A. et al. Cover crops effects on soil chemical properties and onion yield. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 40, p. 1–17, 2016.

PIZZEGHELLO, D.; BERTI, A.; NARDI, S. et al. Phosphorus forms and P-sorption properties in three alkaline soils after long-term mineral and manure applications in north-eastern Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 141, n. 1–2, p. 58–66, 2011.