



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Acúmulo de nitrogênio e fósforo no tecido de plantas anuais de inverno manejadas sob sistema plantio direto e sistema de cultivo convencional.

Rogério Piccin⁽¹⁾; João Kaminski⁽²⁾; Carlos Alberto Casali⁽³⁾; Ademir Calegari⁽⁴⁾; Fabio Henrique Gebert⁽⁵⁾; Roque Junior Bellinaso Sartori⁽⁶⁾; Elci Gubiani⁽⁷⁾; Luiz Felipe Reginatto Rossato⁽⁸⁾.

⁽¹⁾Bolsista iniciação científica PIBIC/CNPq, acadêmico de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, nº1000, Bairro Camobi, 97105-900, rogeriopiccin@hotmail.com; ⁽²⁾Eng. Agr., Dr. Ciência do Solo, Professor Colaborador do PPGCS, UFSM. Santa Maria, RS, João.kaminski@gmail.com; ⁽³⁾Eng. Agr., Me Ciência do Solo, Professor do Instituto Federal Farroupilha – Júlio de Castilhos, CEP: 98130-000, Júlio de Castilhos, RS, betocasali@jc.iffarroupilha.edu.br; ⁽⁴⁾ Pesquisador do Instituto Agrônomo do Paraná, Londrina, PR, calegari@iapar.br; ⁽⁵⁾ acadêmico de Agronomia – UFSM. fhgebart@hotmail.com; ⁽⁶⁾ Acadêmico de Agronomia da UFSM. roquejunior_bellinaso@hotmail.com; ⁽⁷⁾ Acadêmico de Agronomia da UFSM, elcigubiani@hotmail.com. ⁽⁸⁾ Acadêmico do Curso de Técnico em Agropecuária do IFFarroupilha, Campus Júlio de Castilhos, luizfelipegunner1994@hotmail.com.

RESUMO– O sistema de manejo pode afetar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, em decorrência do sistema de rotação de culturas e da quantidade de resíduo vegetal presente na superfície do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a quantidade de nitrogênio (N) e fósforo (P) acumulados no tecido vegetal de aveia preta, trigo, centeio, ervilhaca, nabo e tremoço azul, além de verificar seu estado nutricional de N e P. O experimento está instalado no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) em Pato Branco, Paraná, em um Latossolo Vermelho aluminoférrico. Em maio de 2011 os tratamentos foram semeados, sendo seis plantas de cobertura: trigo, aveia preta, centeio, ervilhaca, nabo forrageiro e tremoço azul cultivados sob Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema de Cultivo Convencional (SCC). Em setembro de 2011 efetuou-se a coleta do material verde da parte aérea, o qual foi seco a 65°C e posteriormente digerido com uma mistura de H₂SO₄ e H₂O₂, onde foram determinados os teores de nitrogênio total (N_{total}) e fósforo total (P_{total}), também foi quantificado o teor de carbono das amostras, e por fim calculou-se o índice de nutrição de fósforo (P índice) e de nitrogênio (N índice). Realizou-se a comparação das médias das plantas anuais de inverno e dos sistemas de manejo de solo por meio do teste de SCOTT-KNOTT. O sistema de cultivo influencia no acúmulo de N e P, conseqüentemente no índice de nutrição dos mesmos, sendo maior no SPD. A ervilhaca e centeio possuem grande capacidade de reciclar P.

Palavras-chave: P índice, N índice, leguminosa, gramínea, semeadura direta.

INTRODUÇÃO- As plantas de cobertura são essenciais para os sistemas agrícolas, pois promovem a proteção do solo contra a erosão, facilitam a ciclagem de nutrientes e adicionam N ao solo por meio das associações simbióticas realizadas pelas leguminosas (Derpsch et al., 1985).

Essas plantas apresentam habilidades diferenciadas em aproveitar os nutrientes do solo, representada, principalmente, por alterações em nível de rizosfera, como a liberação de exudatos orgânicos, a alteração do pH e a associação com microorganismos como bactérias diazotróficas e micorrizas. Para o P, Lajtha e Harrison (1995) citam que as plantas se utilizam de mecanismos para aumentar a sua absorção como o aumento na relação raiz/parte aérea e na superfície radicular, aumento da exsudação radicular de fosfatases e grau de associação micorrízica. Para o N, (Silva et al. 2006) cita a associação simbiótica entre plantas leguminosas e bactérias e a elevada capacidade de algumas espécies em absorver N, destacando o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.).

Contudo, tais habilidades irão depender da espécie vegetal, das características do solo e do ambiente em que a planta está inserida, o que acarretará em plantas com capacidade variada em acumular N e P no tecido, interferindo na reciclagem de nutrientes no sistema.

Nesse sentido, a avaliação da concentração de N e P no tecido e produção de biomassa pelas plantas deve ser avaliada. Sua interpretação pode se dar utilizando as concentrações críticas dos nutrientes abaixo do qual a produção de matéria seca é limitada, ou faixas de concentração que indicam fornecimento suficiente de N e P. para tanto, indicadores de nutrientes combinados foram desenvolvidos de modo a incluir a interação de N e P com outros elementos, como o índice nutricional de N e P (P índice e N índice) (Liebsch, 2011). Segundo Duru e Ducrocq (1996), O P índice e N índice são pontos de inflexão teórica entre o consumo de luxo e a deficiência do nutriente, o qual está baseado no valor 100 como índice de nutrição ideal, tendo um intervalo aplicável entre 80 a 120 Duru e Thélrier-Huché (1997).

Estudar a capacidade das plantas em acumular N e P sob diferentes sistemas de manejo é o caminho para selecionar práticas agrícolas e sucessões de culturas que aumentem a eficiência de uso desses nutrientes. O

objetivo do trabalho foi avaliar o acúmulo de N e P no tecido vegetal de plantas anuais de inverno manejadas sob sistema plantio direto e sistema de cultivo convencional.

MATERIAL E MÉTODOS- O experimento está instalado no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) em Pato Branco-PR, sob um clima subtropical úmido, tipo Cfb (Köppen), sem estação seca definida. O solo é classificado em Latossolo Vermelho aluminoférrico (EMBRAPA, 2006).

O experimento foi instalado em março de 1986 com o preparo do solo em toda a área e aplicação de calcário para elevar o pH do solo até 6,0. Os tratamentos consistem em seis diferentes culturas anuais de inverno, quais sejam: tremoço azul (*Lupinus angustifolius* L.), ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.), aveia preta (*Avena strigosa* S.), nabo forrageiro, centeio (*Secale cereale* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.). As plantas foram manejadas sob SPD e SCC, em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições, totalizando 36 parcelas. As espécies de inverno constituem a parcela principal (12 x 20 m) e os sistemas de preparo do solo, as subparcelas (6 x 20 m).

As culturas de verão soja e milho foram semeadas alternadamente e sempre receberam adubação mineral, totalizando durante os 25 anos 1300 Kg P₂O₅ ha⁻¹, 745 Kg K₂O ha⁻¹ e 425 Kg N ha⁻¹. O P e o K eram aplicados simultaneamente no plantio e a aplicação de N realizada apenas no milho, sendo que 1/3 da dose no plantio e 2/3 em cobertura. No transcorrer desses anos, em todas as parcelas, foi aplicado superficialmente calcário dolomítico em cinco momentos, totalizando 9,5 Mg ha⁻¹.

Em maio de 2011, realizou-se a semeadura das plantas anuais de inverno, com espaçamento entre linhas de 17 cm e sem adição de fertilizantes. No decorrer do seu desenvolvimento, as plantas não receberam nenhum tipo de controle de doenças, insetos e plantas daninhas. Em setembro de 2011, quando o tremoço, o centeio e o nabo forrageiro estavam no final do estágio de florescimento, a aveia no estágio de emborrachamento, a ervilhaca no início do estágio de florescimento e o trigo no estágio de enchimento dos grãos, foi realizada a coleta do material verde da parte aérea das plantas, por meio de um quadro de 0,64 m², em dois pontos de cada parcela.

As amostras foram secas em estufa a 65°C até peso constante, para quantificar a produção de material seco da parte aérea (MSPA). Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1,0 mm e armazenadas. O MSPA das plantas foi digerido com uma mistura de H₂SO₄ e H₂O₂, conforme Tedesco et al. (1995), a fim de avaliar os teores P_{total} e N_{total}, os quais foram determinados por meio de um espectrofotômetro e destilador semi-micro kjeldhal, respectivamente. Também foi determinado o teor de carbono da MSPA, conforme metodologia descrita por EMBRAPA (1997).

Calculou-se o Índice de nutrição de P e de N de acordo com Duru e Ducrocq (1996) por meio das fórmulas:

$$P \text{ index} = \frac{100 * P_{total}}{(0,065 * N_{total} + 0,15)} \quad (1)$$

$$N \text{ index} = \frac{N_{total}}{(4,8 * MSPA^{-0,32})} * 100 \quad (2)$$

Sendo P_{total} e N_{total} os teores totais de P e de N no tecido das plantas (g 100 g⁻¹) e a MSPA (Mg ha⁻¹).

Determinou-se o teor de carbono e nitrogênio total por via seca com um auto-analisador elementar (Flash EA 1112) e teor de P disponível foi obtido por meio de resina de troca aniônica (RTA) (placas AR 103 QDP 434).

Os dados obtidos no presente estudo foram todos normalizados, por meio da aplicação de Log (n-0.5), antes de realizar a análise da variância e o teste de médias. Após, por meio do programa SISVAR, realizou-se a análise da variância e, quando os efeitos dos tratamentos foram significativos a 5% de probabilidade de erro, compararam-se as médias por meio do teste de SCOTT-KNOTT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO- Houve uma grande amplitude na produtividade de MSPA entre as espécies de planta, variando entre 1490 e 8522 kg ha⁻¹, valores esses obtidos com o tremoço sob SCC e Centeio sob SPD, respectivamente (Tabela 2). Destaca-se a grande produtividade de MSPA do centeio, representando uma espécie interessante para a produção de biomassa no período do inverno.

O teor de nitrogênio variou entre 10 e 36 g kg⁻¹, os quais foram encontrados, respectivamente nos resíduos de centeio sob SCC e ervilhaca comum sob SPD (Tabela 2). Para todas as plantas analisadas, o teor de N no resíduo não variou em função do sistema de manejo de solo adotado, sendo que em ambos os sistemas a ervilhaca comum apresentou o maior teor de N, seguida pelo tremoço azul, pela aveia e o nabo forrageiro (estatisticamente iguais) e centeio e trigo (estatisticamente iguais). Giacomini et al (2003) e Doneda (2010) também encontraram que ervilhaca comum e ervilha forrageira, respectivamente, apresentaram maior teor de nitrogênio quando comparadas com as espécies gramíneas (aveia e centeio), justificado pelo fato das primeiras realizarem associação simbiótica com bactérias fixadoras de N, acarretando em uma maior oferta de N para a planta e conseqüente maior acúmulo no tecido.

O teor de P no tecido das plantas variou de 1.3 a 4.4 g kg⁻¹, valores estes encontrados no trigo sob SCC e na ervilhaca sob SPD, respectivamente (Tabela 2). Em ambos os sistemas de manejo de solo, a ervilhaca comum apresentou a maior concentração de P no tecido (4.4 g kg⁻¹ em SPD e 3.1 g kg⁻¹ em SCC), enquanto o trigo e o centeio apresentam os menores valores (1.8 e 1.4 g kg⁻¹ e 1.6 e 1.3 g kg⁻¹ em SPD e SCC, respectivamente), já o nabo forrageiro, tremoço azul e aveia apresentaram teores intermediários. Da Ros (1993) e Giacomini et al. (2003) verificaram que plantas leguminosas apresentam maior capacidade de acumular P no tecido vegetal, comparativamente às gramíneas. Quando comparamos o teor de P no tecido das plantas cultivadas sob SPD e SCC, verifica-se que, exceto a aveia, todas as plantas apresentaram um maior teor de P no tecido quando manejadas sob SPD, em função desse sistema apresentar maior disponibilidade de P (Tabela 1).

O acúmulo de P por área (kg ha⁻¹), o qual leva em consideração a produtividade de MSPA e o teor de P do tecido, variou entre 2 a 16 kg ha⁻¹, valores esses

encontrados no tremoço azul sob SCC e na ervilhaca comum e centeio sob SPD (tabela 2).

Liebsch (2011) indica que a concentração crítica de P no tecido de gramíneas em fase vegetativa é de 2.1 a 2.3 g kg⁻¹, sendo que abaixo deste a produção de MSPA é reduzida, e concentrações maiores que 3 g kg⁻¹ indicam consumo de luxo por parte das plantas. Nesse sentido, usando esses valores como referência também para leguminosas e crucíferas, verifica-se que sob SCC apenas a ervilhaca comum e a aveia possuíam teores de P satisfatórios (3,1 e 2,5 g kg⁻¹, respectivamente), enquanto o trigo, centeio, nabo forrageiro e tremoço apresentam teores de P que poderiam limitar a produção de MSPA.

Tanto em SCC quanto SPD, a aveia e a ervilha comum apresentaram maior Pindex, seguido pelo centeio e nabo forrageiro, e pelo trigo e tremoço azul (Tabela 2). Avaliando o comportamento das plantas entre os sistemas de manejo de solo, verifica-se que para todas as plantas os valores de Pindex sob SPD foram maiores que em SCC. Isso ocorre porque o SPD apresenta maior disponibilidade de P nas camadas superficiais do solo (Rheinheimer e Anghinoni, 2001), o que também foi encontrado nesse trabalho (Tabela 1).

Para o N, somente a ervilhaca e o tremoço sob SPD apresentaram Nindex ideal (entre 80 e 120) (tabela 3), o que está relacionado a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo que reduz a taxa de decomposição (Carvalho, 2005), aumentando o conteúdo de matéria orgânica e o teor de N do solo (Tabela 2). Comparando o Nindex das plantas cultivadas sob os diferentes sistemas de manejo de solo, verifica-se que para a ervilha comum, o tremoço, o nabo forrageiro e a aveia os valores foram maior no SPD que SCC, enquanto para o centeio e o trigo não houve diferença significativa (Tabela 3).

Adicionalmente, verifica-se que o Nindex não se relacionou com o aumento na produção do MSPA das plantas, o que indica que este não era limitante ao desenvolvimento das plantas. De fato, uma vez que o N e o P desempenham um papel nos processos ativos na planta, os seus conteúdos não podem ser completamente independentes (Duru e Ducrocq, 1996), mas para Salette e Huché (1991, apud DURU e DUCROCQ, 1996), quando o teor de P não é limitante ao crescimento das plantas, a relação entre P e N é independente do teor de N do tecido, o que pode explicar que existe apenas relação do Pindex com a produção de MSPA.

CONCLUSÕES- O acúmulo de P no tecido das plantas de cobertura é afetado pela sua disponibilidade no solo, enquanto o acúmulo de N não.

A ervilhaca comum é a planta com maior capacidade de acumular N e P no tecido.

O Pindex é um bom indicador do estado nutricional de P da planta e auxilia na identificação de plantas que tenham o P como limitante para o seu desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS- Ao IAPAR, na pessoa do pesquisador Ademir Calegari e José Nilton Sanguanini, pela disponibilização da área experimental e apoio na execução do trabalho, e ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A.M. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo: composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases.** Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005. 199p. (Tese de Doutorado).

DA ROS, C. O. **Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto.** Santa Maria, UFSM, 1993. 85p. (Dissertação de Mestrado).

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N. & HEINZMANN F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesq. Agropec. Bras.**, 20:761-773, 1985.

DONEDA, A. **Plantas de cobertura de solo consorciadas em cultivo solteiro: decomposição e fornecimento de nitrogênio ao milho.** Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2010. 79p. (Dissertação de mestrado).

DURU, M.; DUCROCQ, H. A nitrogen and phosphorus herbage nutrient index as a tool for assessing the effect of N and P supply on the dry matter yield of permanent pastures. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 47:59-69, 1996.,

DURU, M.; THÉLIER-HUCHÉ L. N and P-K status of herbage: use for diagnosis of grasslands. **Diagnostic Procedures for Crop N Management and Decision Making - INRA.** Paris, 82:125-138, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).** 2.ed. 2006. 306p.

EMBRAPA – CNPS. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, Brasília: EMBRAPA, 1997. 212 p.

GIACOMINI, S.G.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E.B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesq. agropec. Bras.**, 38:1097-1104, 2003.

LAJTHA, K.; HARRISON, A. F. Strategies of phosphorus acquisition and conservation by plants species and communities. In: TIESSEN, H. eds. **Phosphorus in the global environment: transfers, cycles and management.** Chichester, SCOPE, 1995. 462p.

LIEBSCH, F. **Plant and soil indicators to assess the phosphorus nutrition status of agricultural grasslands.** Zurich, ETH, 2008. 154p. Dissertation (Doctor).

RHEINHEIMER, D.S. & ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, 36:151-160, 2001.

SILVA, A. A. et al. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural.** Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 1011-1020, maio/junho, 2006.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

Tabela 1 – Teor de P resina, N total e C total de um Latossolo Vermelho cultivado com diferentes plantas anuais de inverno e manejado sob sistema plantio direto e sistema de cultivo convencional. Pato Branco, setembro de 2011.

Parâmetro	Sist. de manejo	Planta anual de inverno												Mata		
		Aveia		Centeio		Ervilhaca		Nabo		Tremoço		Trigo			Pousio	
P resina (mg kg ⁻¹)	SCC	7.1	^{ns} B	12.9	B	17.4	B	10.8	B	12.3	B	11.1	B	7.6	B	16.0
	SPD	42.5	A	38.1	A	37.7	A	44.0	A	38.6	A	38.4	A	48.1	A	
N (%)	SCC	0.2	^{ns} B	0.2	B	0.2	B	0.2	B	0.2	B	0.2	B	0.2	B	0.7
	SPD	0.4	A	0.3	A	0.3	A	0.3	A	0.4	A	0.3	A	0.3	A	
C (%)	SCC	2.7	bB	2.6	bB	2.8	bB	2.7	bB	2.7	bB	3.1	aB	2.5	bB	7.7
	SPD	4.5	aA	4.5	aA	3.8	bA	4.2	aA	4.2	aA	4.6	aA	3.7	bA	
C:N	SCC	13.4	A	13.4	A	12.9	A	13.2	A	13.3	A	14.1	A	13.7	A	11.1
	SPD	12.3	B	11.8	B	11.8	B	12.2	B	11.8	B	12.5	B	12.6	B	

¹Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scot-Knott à 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2 – Produção de MSPA, concentração de C, N, P e relação C:N e C:P do tecido de plantas anuais de inverno cultivadas em um Latossolo Vermelho sob SCC e SPD. Pato Branco, setembro de 2011.

Parâmetro	Sist. de manejo	Planta anual de inverno					
		Aveia	Centeio	Ervilhaca	Nabo	Tremoço	Trigo
MSPA (kg ha ⁻¹)	SCC	2510 cB ¹	6009 aB	3800 bA	3870 bA	1490 cB	5721 aA
	SPD	5159 cA	8522 aA	3582 cA	5011 cA	4485 cA	6989 bA
Carbono (g kg ⁻¹)	SCC	410 bA	448 aA	408 bA	417 bA	418 bA	434 aA
	SPD	419 bA	433 aA	392 bA	394 bA	411 bA	421 aA
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	SCC	16 cA	10 dA	27 aA	15 cA	25 bA	10 dA
	SPD	16 cA	11 dA	36 aA	23 cA	27 bA	10 dA
Fósforo (g kg ⁻¹)	SCC	2.5 bA	1.4 cB	3.1 aB	1.6 cB	1.6 cB	1.3 cB
	SPD	2.6 bA	1.8 cA	4.4 aA	2.7 bA	2.4 bA	1.6 cA
Relação C:N	SCC	26 bA	45 aA	15 dA	28 bA	17 cA	42 aA
	SPD	26 bA	41 aA	11 dA	18 bA	15 cA	45 aA
Relação C:P	SCC	165 cA	320 aA	131 cA	262 bA	255 bA	341 aA
	SPD	163 bA	235 aB	89 cA	149 bB	173 bB	263 aB
Carbono (kg ha ⁻¹)	SCC	1028 cB	2689 aB	1550 bA	1614 bA	623 cB	2483 aA
	SPD	2164 cA	3672 aA	1404 cA	1999 cA	1843 cA	2947 bA
Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	SCC	40 bB	60 bB	103 aB	59 bB	37 bB	59 bA
	SPD	84 bA	91 bA	128 aA	110 aA	124 aA	67 bA
Fósforo (kg ha ⁻¹)	SCC	6 bB	8 aB	12 aB	6 bB	2 cB	7 bB
	SPD	13 bA	16 aA	16 aA	13 bA	11 cA	11 bA

¹Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scot-Knott à 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3 – Pindex e Nindex do resíduo de plantas anuais de inverno cultivadas em um Latossolo Vermelho sob sistema de cultivo convencional e sistema plantio direto. Pato Branco, setembro de 2011.

Nutriente	Sist. de manejo	Planta anual de inverno					
		Aveia	Centeio	Ervilhaca	Nabo	Tremoço	Trigo
P	SCC	98 aA	65 bB	96 aB	64 bB	53 cB	59 cB
	SPD	101 aA	84 bA	115 aA	90 bA	73 cA	76 cA
N	SCC	45 bA	37 bA	87 aB	49 bB	58 bB	38 bA
	SPD	57 cA	44 dA	112 aA	78 cA	92 bA	37 dA

¹Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scot-Knott à 5% de probabilidade de erro.