

Comportamento de adubos verdes de inverno na região serrana fluminense⁽¹⁾

Carlos Antonio Almeida Barradas⁽²⁾, Luiz Rodrigues Freire⁽³⁾, Dejair Lopes de Almeida⁽⁴⁾ e Helvécio De-Polli⁽⁴⁾

Resumo – O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o comportamento de espécies de adubos verdes de inverno, em um Cambissolo Háptico Tb distrófico, sob duas condições de fertilidade, a 1.100 m de altitude. Dois experimentos de campo foram conduzidos em Nova Friburgo, RJ, utilizando as seguintes espécies: aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb.), azevém-anual (*Lolium multiflorum* Lam.), chícharo (*Lathyrus sativus* L.), ervilhaca-comum (*Vicia sativa* L.), ervilhaca-peluda (*Vicia villosa* Roth), utilizada somente no segundo experimento, serradela-flor-rosa (*Ornithopus sativus* Brot.), tremoço-amarelo (*Lupinus luteus* L.), tremoço-branco cultivar Comum (*Lupinus albus* L.), tremoço-branco cultivar Multo Lupa Doce (*Lupinus albus* L.), tremoço-branco cultivar TRM 881 (*Lupinus albus* L.), trevo-branco (*Trifolium repens* L.), trevo-vermelho cultivar Achylesmarium (*Trifolium pratense* L.), e trevo-vesiculososo cultivar Jacuí 52 (*Trifolium vesiculosum* Savi). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições. As espécies que mais se destacaram na produção de massa seca e acumulação de N na parte aérea, sob condições de boa fertilidade no solo, foram as três cultivares de tremoço-branco, o tremoço-amarelo, a ervilhaca-comum e a aveia-preta. Sob condições de baixo teor de P, Ca e Mg no solo, as que mais se destacaram foram as três cultivares de tremoço-branco e a aveia-preta.

Termos para indexação: adubos orgânicos, fitomassa, nutrição da planta, nitrogênio, relação planta-solo.

Behaviour of temperate green manure species in a mountain region of the Rio de Janeiro State, Brazil

Abstract – The objective of this work was to evaluate the behaviour of temperate green manure species in an Inceptisol with two different fertility levels, in an area of high elevation (1,100 m). Two field experiments were carried out in Nova Friburgo County, Rio de Janeiro State, Brazil, with the following species: *Avena strigosa* Schieb., *Lolium multiflorum* Lam., *Lathyrus sativus* L., *Vicia sativa* L., *Vicia villosa* Roth, used in the 2nd experiment only, *Ornithopus sativus* Brot., *Lupinus luteus* L., *Lupinus albus* L. cv. Comum, cv. Multo Lupa Doce and cv. TRM 881, *Trifolium repens* L., *Trifolium pratense* L. cv. Achylesmarium and *Trifolium vesiculosum* Savi cv. Jacuí 52. The experimental design used was a randomized complete block design, with three replications. The species of best performance in relation to the above ground dry matter and total N on a soil with good fertility were *L. albus* (for all three cultivars used), *L. luteus*, *V. sativa* and *A. strigosa*. On a soil with low P, Ca and Mg, the best plant performances for above ground dry matter and total N were *L. albus* (all three cultivars) and *A. strigosa*.

Index terms: organic fertilizers, phytomass, plant nutrition, nitrogen, plant soil relations.

Introdução

A adubação verde é uma prática importante na melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo. Seus múltiplos efeitos têm sido constatados na proteção do solo, mediante a redução das perdas por erosão, o que proporciona ganho de matéria orgânica, aumento da capacidade de troca catiônica e da reciclagem dos nutrientes das camadas mais profundas para a superfície, e ameniza os problemas de compactação por meio da redução da densidade global, de controle de nematóides e de plantas concorrentes, pela cobertura do solo, e pela

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 16 de novembro de 2000.

Extraído da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

⁽²⁾ Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro), Estação Experimental de Nova Friburgo, Rua Euclides Solon Pontes, 30, CEP 28625-020 Nova Friburgo, RJ. E-mail: pesaenf@netflash.com.br

⁽³⁾ UFRRJ, Dep. de Solos, CEP 23851-970 Seropédica, RJ. E-mail: lfreire@marlin.com.br

⁽⁴⁾ Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia, km 47 da antiga via Rio-São Paulo, CEP 23851-970 Seropédica, RJ. E-mail: dejair@cnpab.embrapa.br, depolli@cnpab.embrapa.br

alelopatia (Mojtahedi et al., 1993; Amabile et al., 1994; Stampford et al., 1994; De-Polli et al., 1996; Nelson & King, 1996; Biederbeck et al., 1998; Alcântara et al., 2000; Amabile et al., 2000; Favaretto et al., 2000; Jacobi & Fleck, 2000).

Muitos autores têm noticiado o aporte de N ao solo, proveniente da fixação biológica por bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, quando se cultivam leguminosas como adubos verdes de culturas econômicas (De-Polli et al., 1996; Boddey et al., 1997). Já foi observado que o uso de adubos verdes na cultura do milho substituiu a aplicação de 80 a 100 kg ha⁻¹ de N sintético (De-Polli & Chada, 1989; Araújo & Almeida, 1993). Na região serrana fluminense, além do cultivo de adubos verdes tropicais no verão, as baixas temperaturas que ocorrem no inverno possibilitam o plantio das espécies de clima temperado. O cultivo destas no inverno pode ser de maior interesse para o agricultor.

O objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento de algumas espécies vegetais utilizadas como adubo verde de inverno, nas condições da região serrana fluminense, e avaliar seu potencial de acumulação de fitomassa e nitrogênio.

Material e Métodos

No período de junho/1989 a outubro/1990 foram conduzidos, na Estação Experimental da Pesagro-Rio, em Nova Friburgo, RJ, a cerca de 1.100 m de altitude, dois experimentos de campo, para avaliar o comportamento de espécies de adubos verdes de inverno. As gramíneas usadas foram a aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb.) e o azevém-anual (*Lolium multiflorum* Lam.), e as leguminosas compreenderam chícharo (*Lathyrus sativus* L.), ervilhaca-comum (*Vicia sativa* L.), ervilhaca-peluda (*Vicia villosa* Roth), utilizada somente no segundo experimento, serradela-flor-rosa (*Ornithopus sativus* Brot.), tremoço-amarelo (*Lupinus luteus* L.), tremoço-branco (*Lupinus albus* L.), cultivares Comum, Multo Lupa Doce e TRM 881, trevo-branco (*Trifolium repens* L.), trevo-vermelho cultivar Achylesmarium (*Trifolium pratense* L.) e trevo-vesiculososo cultivar Jacuí 52 (*Trifolium vesiculosum* Savi).

O primeiro experimento foi instalado em junho de 1989 e o segundo, em maio de 1990, ambos num Cambissolo Háptico Tb distrófico (Embrapa, 1999), em dois locais próximos, mas que apresentavam diferenças em sua fertilidade. As análises químicas do solo foram feitas pelos

métodos descritos em Embrapa (1979), em amostras compostas oriundas de 12 subamostras, coletadas a 0-0,30 m de profundidade, cujos resultados foram, no primeiro experimento: pH em H₂O, 5,5; Al³⁺, 0,2 cmol_c kg⁻¹; Ca²⁺, 1,4 cmol_c kg⁻¹; Mg²⁺, 1,0 cmol_c kg⁻¹; P, 33 mg kg⁻¹; K, 124 mg kg⁻¹; C orgânico, 13,9 g kg⁻¹ e N total, 1,6 g kg⁻¹, e no segundo experimento: pH em H₂O, 5,5; Al³⁺, 0,2 cmol_c kg⁻¹; Ca²⁺, 0,3 cmol_c kg⁻¹; Mg²⁺, 0,3 cmol_c kg⁻¹; P, 3 mg kg⁻¹; K, 74 mg kg⁻¹; C orgânico, 7,5 g kg⁻¹ e N total, 0,8 g kg⁻¹.

O delineamento experimental utilizado nos dois experimentos foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com adubos verdes na parcela principal, e as épocas de avaliação, nas subparcelas. No primeiro experimento, utilizaram-se 12 adubos verdes, duas épocas de avaliação e três repetições, totalizando 72 subparcelas (12x2x3); no segundo experimento, utilizaram-se 13 adubos verdes, três épocas de avaliação e três repetições, totalizando 117 subparcelas (13x3x3). As parcelas tinham as dimensões de 2,0 x 2,5 m cada. O espaçamento utilizado foi de 0,25 m entre linhas, com, aproximadamente, 10 plantas por metro linear. As leguminosas foram submetidas a inoculações segundo as recomendações de De-Polli & Franco (1985), com as estirpes de rizóbio recomendadas pela Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia, Seropédica, RJ. No primeiro experimento, foi realizada uma capina manual aos 58 dias após a semeadura (DAS), e no segundo, duas: aos 35 e 50 dias após a semeadura.

Durante a condução do primeiro experimento, foram realizadas coletas de materiais da parte aérea e raízes aos 79 e 119 DAS dos adubos verdes, e no segundo experimento, as coletas foram feitas aos 51, 93 e 138 DAS. Na última coleta de cada experimento, a maioria das plantas, de cada espécie de adubo verde, estava em floração. Em cada época de avaliação/subparcelas, as plantas das duas linhas centrais, numa extensão de 0,80 m, foram cortadas rente ao solo, e pesadas, para determinação da matéria fresca. As raízes dessas plantas, até a profundidade de 0,25 m, foram retiradas com o solo aderido, sacudidas, lavadas, e após escorrido o excesso de água, foi obtido o peso de sua matéria fresca. Os nódulos das leguminosas foram coletados das raízes das cinco primeiras plantas colhidas. Amostras da parte aérea e raízes, colhidas de cada subparcela, foram, então, separadas, e, junto com os nódulos coletados, colocadas para secar em estufa com circulação de ar a 65°C, até atingir peso constante, para obtenção do peso da matéria seca. Este material foi então moído, e usado para determinar o N total (Kjeldahl) da parte aérea e das raízes.

A altura das plantas foi determinada pela medição das seis plantas dispostas no centro das duas linhas de coleta. O índice de cobertura do solo (ICS), variável de 0 a 1, foi obtido em dia ensolarado, ao meio dia, aproximadamente, estimando-se a área ocupada pela sombra das plantas sobre o solo da subparcela correspondente às duas linhas centrais, e calculando-se a seguinte relação: $ICS = \frac{\text{área da sombra na subparcela}}{\text{área total da subparcela}}$.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

No solo do primeiro experimento, que apresentava boas condições de fertilidade, destacaram-se na produção de matéria fresca, na primeira coleta, aos 79 dias após a semeadura (DAS), as cultivares de tremoço-branco e o tremoço-amarelo (Tabela 1). Entretanto, a maior umidade deste último deixou-o no grupo de espécies com destaque intermediário, quanto à produção de matéria seca, junto com a ervilhaca-comum, o azevém-anual e a aveia-preta. Os demais adubos verdes tiveram menor acúmulo de matéria vegetal na parte aérea aos 79 DAS. O crescimento inicial dos adubos verdes na região serrana fluminense não diferiu muito do obtido na Estação Experimental da EMPASC, em Campos Novos, SC (Calegari et al., 1992). Entretanto, o chícharo, naquele local, foi mais agressivo que a ervilhaca, enquanto na região serrana fluminense aconteceu o oposto. Aos 119 DAS, as que mais se

destacaram quanto à produção de matéria seca da parte aérea foram as três cultivares de tremoço-branco, o tremoço-amarelo, a ervilhaca-comum e a aveia-preta. A serradela-flor-rosa apresentou crescimento muito lento durante todo seu ciclo. Os níveis de produção de fitomassa alcançados pelas três cultivares de tremoço-branco e aveia-preta foram maiores que os relatados por Gouveia & Almeida (1997) na região serrana fluminense, em Paty do Alferes, e as produções de fitomassa da aveia-preta e da ervilhaca-comum foram maiores, e a do chícharo foi menor do que os encontrados por Aita et al. (1994) em Santa Maria, RS.

O azevém-anual e a aveia-preta foram as espécies que acumularam maior quantidade de massa fresca de raízes aos 79 DAS. No entanto, somente o primeiro despontou com relação à produção de massa seca nesta época, com $0,63 \text{ t ha}^{-1}$, enquanto aveia-preta e trevo-vermelho produziram $0,35$ e $0,26 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente. Aos 119 DAS o azevém-anual, a aveia-preta, o trevo-vermelho e o tremoço-branco cultivar Multo Lupa Doce foram os adubos verdes que proporcionaram a produção de maior quantidade de matéria seca de raízes. O azevém-anual acumulou mais matéria em suas raízes ($5,14 \text{ t ha}^{-1}$) que em sua parte aérea ($4,30 \text{ t ha}^{-1}$), o que revela sua elevada capacidade de explorar os primeiros $0,25 \text{ m}$ de camada mais fértil do solo. Os demais adubos verdes se igualaram com relação à produção de matéria seca de raízes nesta época. A nodulação das cultivares de tremoço-branco e tremoço-amarelo foi bas-

Tabela 1. Valores médios de massa fresca e seca da parte aérea e raízes (t ha^{-1}) de 12 adubos verdes, obtidos em duas épocas após a semeadura (Experimento 1)⁽¹⁾.

Adubos verdes	Massa da parte aérea				Massa de raízes			
	79 DAS		119 DAS		79 DAS		119 DAS	
	Fresca	Seca	Fresca	Seca	Fresca	Seca	Fresca	Seca
Aveia-preta	7,71bc	0,79bcd	37,74abc	5,31abcd	3,80a	0,35b	12,44bc	2,72ab
Azevém-anual	6,15cde	0,79bce	30,51abcd	4,30bcde	4,48a	0,63a	21,51a	5,14a
Chícharo	2,50e	0,33e	23,68bcd	2,74de	0,30c	0,09e	3,39d	0,55b
Ervilhaca-comum	7,33bcd	0,98b	45,97a	6,31abc	0,79bc	0,14de	5,22bcd	0,45b
Serradela-flor-rosa	4,30cde	0,49cde	10,65d	1,43e	0,96bc	0,12de	5,45bcd	0,95b
Tremoço-amarelo	8,83abc	0,87bc	38,07abc	7,05ab	0,75bc	0,09e	3,16d	0,90b
Tremoço-branco cv. Comum	8,70abc	1,16ab	44,58ab	7,73a	0,69bc	0,14de	6,64bcd	1,77b
Tremoço-branco cv. ML Doce	11,80ab	1,44a	37,76abc	6,34abc	0,74bc	0,17cde	6,18bcd	2,10ab
Tremoço-branco cv. TRM 881	12,52a	1,44a	49,20a	7,87a	1,49b	0,21cd	3,99d	1,62b
Trevo-branco	2,77de	0,27e	11,78d	1,53e	0,56bc	0,18cde	3,57d	0,34b
Trevo-vermelho	5,29cde	0,51cde	32,09abcd	3,80cde	1,41b	0,26bc	13,46ab	2,35ab
Trevo-vesiculoso	4,23cde	0,36de	16,43cd	3,36cde	0,82bc	0,19cde	4,28cd	0,86b

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; DAS: dias após a semeadura.

tante superior à das demais espécies, nas duas épocas de coleta (Tabela 2). O tremoço-amarelo produziu 460 mg de nódulos secos por planta aos 119 DAS. Esta leguminosa apresenta nodulação em forma de colar, cobrindo toda a parte superior de sua raiz principal, o que refletiu no elevado peso encontrado em seus nódulos. A nodulação das demais leguminosas foi bastante inferior à obtida pelos tremoços. Entretanto, esses resultados devem ser analisados com cuidado, pois essas espécies possuem nódulos pequenos e mais leves, em comparação com os dos tremoços; além disso, a nodulação do chícharo e ervilhaca-comum estão dentro da faixa normalmente obtida nos estados do Sul do País (Calegari et al., 1992).

Os adubos verdes que mais acumularam N na parte aérea aos 79 DAS foram as três cultivares de tremoço-branco. No entanto, aos 119 DAS, dado o rápido crescimento do tremoço-amarelo e da ervilhaca-comum após a primeira coleta, essas espécies se equiparam estatisticamente às três cultivares de tremoço-branco. Quantidades de N na parte aérea das plantas acima de 220 kg ha⁻¹ foram obtidas por tremoço-branco cultivar Comum, tremoço-amarelo e ervilhaca-comum, aos 119 DAS. Os trevos vermelho e vesiculososo acumularam na parte aérea quantidades intermediárias de N, em torno de 112 kg ha⁻¹. A aveia-preta acumulou pouco mais de 100 kg ha⁻¹ de N na parte aérea, mostrando a boa capacidade dessa gramínea de produzir fitomassa e absorver N do solo. O azevém-anual e o trevo-vermelho foram as espécies que mais acumularam N nas raízes aos

79 DAS, cerca de 7,5 e 5,3 kg ha⁻¹, respectivamente. Na segunda coleta, essas espécies chegaram a acumular 37,1 e 38,8 kg ha⁻¹ de N em suas raízes, respectivamente. As três cultivares de tremoço-branco, o tremoço-amarelo, a aveia-preta, a serradela-florosa e o trevo-vesiculososo também se destacaram com relação ao N acumulado nas raízes. Os adubos verdes que mais acumularam N total na planta (parte aérea + raízes) aos 79 DAS foram as cultivares de tremoço-branco. Essas espécies apresentaram um crescimento inicial bastante acelerado, destacando-se das demais. Aos 119 DAS, além dessas, destacaram-se o tremoço-amarelo e a ervilhaca-comum. A aveia-preta, o trevo-vesiculososo e o trevo-vermelho obtiveram acúmulo de N total semelhante ao das três cultivares de tremoço-branco. Os valores mais elevados de acúmulo de N total na planta foram obtidos pela cultivar Comum de tremoço-branco e tremoço-amarelo, com 251,6 e 247,7 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. A ervilhaca-comum acumulou 228,1 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Os bons resultados de produção do azevém-anual, aveia-preta e ervilhaca-comum também indicam a possibilidade do uso dessas espécies na região serrana fluminense para produção de forragem. Nos estados do Sul do País essas espécies são recomendadas para este fim, obtendo grande aceitação pelos agricultores (Calegari et al., 1992), e podendo, inclusive, ser combinadas, em cultivo consorciado, aveia-preta com ervilhaca-peluda (Jannink et al., 1996), e aveia-preta com ervilhaca-comum (Heinrichs & Fancelli, 1999; Amado et al., 2000).

Tabela 2. Peso médio de nódulos secos (mg planta⁻¹) de dez leguminosas e teor de nitrogênio total (kg ha⁻¹) acumulado na parte aérea e raízes de 12 adubos verdes, obtidos em duas épocas após a semeadura (Experimento 1)⁽¹⁾.

Adubos verdes	Peso de nódulos secos		N total na parte aérea		N total nas raízes	
	79 DAS	119 DAS	79 DAS	119 DAS	79 DAS	119 DAS
Aveia-preta	- ⁽²⁾	-	20,4cd	100,3cde	4,1bcd	21,5abc
Azevém-anual	-	-	12,8d	52,5de	7,5a	37,1ab
Chícharo	15c	25c	11,3d	74,3cde	1,5de	9,7bc
Ervilhaca-comum	8c	12c	33,9bc	222,6ab	2,6cde	5,5c
Serradela-flor-rosa	1c	5c	11,0d	25,6e	1,7de	12,4abc
Tremoço-amarelo	158ab	460a	35,6bc	231,3ab	2,5cde	16,4abc
Tremoço-branco cv. Comum	125ab	189b	42,4ab	236,6a	2,4cde	15,0abc
Tremoço-branco cv. ML Doce	119b	161bc	56,5a	166,8abcd	2,9cde	26,6abc
Tremoço-branco cv. TRM 881	210a	285b	51,8a	187,6abc	3,5bcde	18,2abc
Trevo-branco	1c	3c	9,0d	55,2de	4,2bcd	7,2c
Trevo-vermelho	1c	6c	17,2d	112,3bcde	5,3ab	38,8a
Trevo-vesiculososo	1c	6c	9,9d	112,5bcde	4,4bc	15,6abc

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; DAS: dias após a semeadura.

⁽²⁾Não se aplica.

No segundo experimento, os adubos verdes foram cultivados em solo com nível baixo de P, de Ca e de Mg, em sua camada arável. Aos 51 DAS, as espécies de adubos verdes que mais se destacaram com relação à produção de matéria seca foram as três cultivares de tremoço-branco e a aveia-preta (Tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por essas espécies aos 93 DAS. Com relação à produção de matéria fresca da parte aérea, aos 138 DAS, houve destaque apenas para as três cultivares de tremoço-branco, com produções acima de 56 t ha⁻¹. Quanto à produção de matéria seca, destacou-se, além dessas, a aveia-preta, com 7,44 t ha⁻¹. O excelente desempenho da aveia-preta sob condições de baixo P, Ca e Mg mostra a característica importante dessa planta, de ser pouco exigente em relação a solos (Calegari et al., 1992). Entre oito espécies de plantas, os tremoços foram as mais eficientes em absorver P nas várias concentrações testadas (Loneragan & Asher, 1969). Os possíveis benefícios oriundos da atividade de fungos micorrízicos também devem ser considerados (Espindola et al., 1998). O tremoço-amarelo, a ervilhaca-comum e o trevo-vermelho não conseguiram repetir o desempenho que tiveram no primeiro experimento, indicando, portanto, que são mais exigentes em fertilidade do solo.

Com relação à produção de raízes aos 51 DAS, houve diferenças significativas entre as espécies, refletindo, possivelmente, a velocidade inicial de crescimento, bastante diferenciada entre os diversos adubos verdes testados. Assim, as espécies que acumularam menos matéria fresca nas raízes – os trevos e a serradela-flor-rosa – foram as que tiveram maior dificuldade de estabelecimento. Aos 93 DAS, aumentaram as diferenças na matéria seca acumulada nas raízes dessas espécies com relação à das demais, o que mostra as dificuldades delas de se estabelecerem em condições de baixa fertilidade. Os adubos verdes que acumularam maior quantidade de matéria fresca nas raízes aos 138 DAS foram as três cultivares de tremoço-branco, a aveia-preta e o azevém-anual. Este último confirmou os resultados obtidos no primeiro experimento como a espécie que mais acumula rizomassa, obtendo 14,42 e 3,25 t ha⁻¹ de matéria fresca e seca, respectivamente.

O índice de cobertura do solo foi maior com cultivares de tremoço-branco e aveia-preta aos 51 DAS

Tabela 3. Valores médios de massa fresca e seca da parte aérea e das raízes (t ha⁻¹) de 13 adubos verdes, obtidos em três épocas após a semeadura (Experimento 2)⁽¹⁾.

Adubos verdes	Massa da parte aérea						Massa de raízes					
	51 DAS		93 DAS		138 DAS		51 DAS		93 DAS		138 DAS	
	Fresca	Seca	Fresca	Seca	Fresca	Seca	Fresca	Seca	Fresca	Seca	Fresca	Seca
Aveia-preta	6,41bcd	0,88ab	29,32abc	3,30abc	34,04bc	7,44abc	1,83abc	0,22ab	6,40ab	0,88abc	8,05abode	1,54bc
Azevém-anual	2,63cde	0,44bc	12,85cd	1,87bcd	25,59cd	4,90bcd	1,72abc	0,36ab	5,81ab	1,19a	14,42a	3,25a
Chiclaro	1,18de	0,19c	9,80cd	0,94d	16,88cd	2,58d	0,59bc	0,05ab	1,09cd	0,13c	0,16c	0,21d
Ervilhaca-comum	1,22de	0,23c	4,61d	0,66d	13,62cd	1,87d	2,81ab	0,29ab	2,35bcd	0,32bc	2,35de	0,34d
Ervilhaca-peluda	1,30de	0,27c	5,73d	0,65d	20,98cd	1,76d	2,50ab	0,32ab	3,20abcd	0,47abc	3,09cde	0,50cd
Serradela-flor-rosa	0,52e	0,09c	3,79d	0,47d	14,00cd	2,31d	0,10c	0,02b	0,77cd	0,06c	3,31cde	0,55cd
Tremoço-amarelo	3,79cde	0,47bc	15,60bcd	1,60cd	28,68cd	3,48cd	0,76abc	0,19ab	2,26bcd	0,46abc	5,11bcde	0,71cd
Tremoço-branco cv. Comum	10,60ab	1,16a	36,38ab	4,16ab	56,50ab	9,49a	2,50ab	0,31ab	5,33abc	0,86abc	8,36abcd	2,06ab
Tremoço-branco cv. MLD	8,23abc	1,01a	30,26abc	3,46abc	56,46ab	8,69ab	2,13abc	0,30ab	5,24abc	0,87abc	8,90abc	1,94b
Tremoço-branco cv. TRM881	13,45a	1,40a	41,31a	4,54a	68,29a	9,54a	2,96a	0,38a	7,19a	1,06a	11,26ab	2,19ab
Trevo-branco	0,25e	0,03c	0,52d	0,09d	7,43d	0,82d	0,16c	0,02b	0,38d	0,08c	4,30cde	0,60cd
Trevo-vermelho	0,27c	0,04c	0,64d	0,09d	11,29cd	1,44d	0,19c	0,02b	0,42d	0,05c	2,63cde	0,37cd
Trevo-vesiculoso	0,50e	0,08c	3,40d	0,34d	19,68cd	2,08d	0,10c	0,02b	1,11cd	0,13c	4,11cde	0,48cd

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; DAS: dias após a semeadura.

(Tabela 4). Essas espécies, aos 93 DAS, praticamente já cobriam todo o solo das parcelas, não permitindo o crescimento de plantas concorrentes. Aos 138 DAS, não houve diferença significativa entre as espécies de adubos verdes em relação a este parâmetro, por causa do crescimento das demais espécies.

Aos 51 DAS, as três cultivares de tremoço-branco foram as que obtiveram o maior número de nódulos por planta (Tabela 5). Aos 93 DAS, destacaram-se as cultivares de tremoço-branco TRM 881 e Comum, com 72 e 91 nódulos por planta, vindo a seguir a cultivar Multo Lupa Doce, com 68 nódulos por planta. Dado o processo de senescência nodular

que se intensifica com as proximidades do final do ciclo (Barradas et al., 1989), o número de nódulos caiu para cerca da metade aos 138 DAS, enquanto o número de nódulos nas demais leguminosas (com exceção da ervilhaca-peluda) aumentou consideravelmente. Esses resultados estão, provavelmente, ligados ao ciclo mais longo dessas culturas em relação aos tremoços.

Aos 51 DAS, o N acumulado na parte aérea dos adubos verdes foi maior nas cultivares de tremoço-branco e aveia-preta. Aos 93 DAS, apenas as primeiras se mantiveram como destaque em relação a esse

Tabela 4. Valores médios do índice de cobertura do solo (escala 0-1) e altura da parte aérea (cm) de 13 adubos verdes de inverno, obtidos em três épocas após a semeadura (Experimento 2)⁽¹⁾.

Adubos verdes	Índice de cobertura do solo			Altura da parte aérea		
	51 DAS	93 DAS	138 DAS	51 DAS	93 DAS	138 DAS
Aveia-preta	0,38ab	0,85a	1,00a	16bc	54b	127a
Azevém-anual	0,18c	0,39bc	0,93a	9cd	19cd	72b
Chícharo	0,12c	0,33bc	0,72a	10cd	22cd	39cd
Ervilhaca-comum	0,13c	0,27c	0,68a	10cd	23cd	43cd
Ervilhaca-peluda	0,13c	0,27c	0,62a	7cd	17cd	39d
Serradela-flor-rosa	0,09c	0,27c	0,65a	6cd	14cd	41cd
Tremoço-amarelo	0,22bc	0,56b	0,97a	13cd	29c	62bc
Tremoço-branco cv. Comum	0,43a	1,00a	1,00a	28a	75a	129a
Tremoço-branco cv. ML Doce	0,39a	0,97a	1,00a	25ab	64ab	122a
Tremoço-branco cv. TRM 881	0,46a	1,0a	1,00a	27a	68ab	132a
Trevo-branco	0,08c	0,22c	0,52a	6cd	10d	23d
Trevo-vermelho	0,09c	0,18c	0,57a	7cd	13cd	22d
Trevo-vesiculoso	0,07c	0,22c	0,58a	5d	10d	38cd

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; DAS: dias após a semeadura.

Tabela 5. Valores médios de nitrogênio total acumulado na parte aérea e nas raízes (kg ha⁻¹) e número de nódulos por planta de 13 adubos verdes de inverno, obtidos em três épocas após a semeadura (Experimento 2)⁽¹⁾.

Adubos verdes	N total da parte aérea			N total das raízes			Nódulos		
	51 DAS	93 DAS	138 DAS	51 DAS	93 DAS	138 DAS	51 DAS	93 DAS	138 DAS
Aveia-preta	32,8a	53,3c	88,0abcd	2,7bcd	7,8ab	10,1ab	- ⁽²⁾	-	-
Azevém-anual	13,0bc	34,1c	52,4d	3,9abcd	9,3ab	17,8ab	-	-	-
Chícharo	6,3c	32,0c	75,0bcd	0,93cd	2,9b	4,0b	5b	4c	8cd
Ervilhaca-comum	7,4c	16,5c	50,6d	5,2abc	5,7b	4,9b	10b	13c	10bcd
Ervilhaca-peluda	8,5c	16,4c	36,9d	5,5ab	6,5ab	9,8ab	3b	4c	17bcd
Serradela-flor-rosa	2,8c	11,1c	31,2d	0,3d	1,4b	5,2b	14b	19c	40a
Tremoço-amarelo	14,2bc	31,4c	76,4cd	1,6bcd	6,1ab	8,6ab	5b	8c	9cd
Tremoço-branco cv. Comum	36,1a	117,4a	161,4ab	4,6abcd	14,9a	25,8a	43a	91a	34ab
Tremoço-branco cv. ML Doce	30,0ab	102,8ab	147,3abc	5,1abc	8,7ab	12,5ab	41a	68b	35ab
Tremoço-branco cv. TRM 881	40,0a	119,7a	168,5a	7,7a	9,1ab	18,5a	37a	72ab	40a
Trevo-branco	1,2c	2,3c	18,5d	0,6d	1,5b	9,9ab	4b	9c	22abc
Trevo-vermelho	1,7c	2,9c	39,6d	0,5d	1,4b	7,3ab	5b	10c	13bcd
Trevo-vesiculoso	2,8c	12,3c	58,3cd	0,4d	2,4b	8,5ab	5b	7c	22abc

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; DAS: dias após a semeadura.

⁽²⁾Não se aplica.

parâmetro. Entretanto, na terceira coleta, aos 138 DAS, a aveia-preta voltou a figurar no grupo de espécies que mais acumularam N na parte aérea, expressando, assim, sua elevada capacidade em absorver o N do solo, mesmo nas condições de baixos níveis de P, de Ca e de Mg. As três cultivares de tremoço-branco acumularam, na parte aérea, aos 138 DAS, em solo com baixo nível de P, Ca e Mg, a média de 159,1 kg ha⁻¹ de nitrogênio. A média acumulada por essas plantas no primeiro experimento foi de 197,0 kg ha⁻¹ de N, o que mostra que, nas condições do segundo experimento, essas plantas deixaram de acumular mais de 30 kg ha⁻¹ de N, em média. No entanto, as leguminosas que foram mais influenciadas pelas condições do solo, ou seja: o tremoço-amarelo, a ervilhaca-comum e o trevo-vermelho, deixaram de acumular, na última coleta, na parte aérea, 154,9, 172,0 e 72,7 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. As espécies que acumularam maior quantidade de N nas raízes aos 51 DAS, foram as três cultivares de tremoço-branco, a ervilhaca-comum, a ervilhaca-peluda e o azevém-anual. Destas, apenas a ervilhaca-comum não produziu bem na segunda coleta, destacando-se, também, nesta época, a aveia-preta e o tremoço-amarelo. Aos 138 DAS, além das cultivares da segunda coleta, destacaram-se, também, os trevos, que acumularam 7,3 a 9,9 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Conclusões

1. Independentemente das condições de fertilidade do solo, as espécies tremoço-branco (especialmente a cultivar TRM 881) e a aveia-preta destacam-se quanto à produção de fitomassa seca e à acumulação de N na parte aérea.

2. Quando a fertilidade do solo é boa, tremoço-amarelo e ervilhaca-comum também se destacam em produção de fitomassa seca e em acúmulo de N na parte aérea.

3. O azevém-anual apresenta grande produção de raízes secas, atingindo valores até maiores que os da produção da parte aérea.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudo ao primeiro autor; ao técnico agrícola Nelcyr Guimarães Castro, pelo apoio prestado.

Referências

AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, L. A.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1994.

ALCÂNTARA, F. A. de; FURTININETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, A. de; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, fev. 2000.

AMABILE, R. F.; CORREIA, J. R.; FREITAS, P. L. de; BLANCANEUX, P.; RAMOS, J. G. A. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1193-1199, ago. 1994.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 47-54, jan. 2000.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 179-189, 2000.

ARAÚJO, A. P.; ALMEIDA, D. L. de. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 245-251, fev. 1993.

BARRADAS, C. A. A.; BODDEY, L. H.; HUNGRIA, M. Seleção de cultivares de feijão e estirpes de *Rhizobium* para nodulação precoce e senescência tardia dos nódulos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 169-179, 1989.

BIEDERBECK, V. O.; CAMPBELL, C. A.; RASIAH, V.; ZENTNER, R. P.; WEN, G. Soil quality attributes as influenced by annual legumes used as green manure. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 30, n. 8/9, p. 1177-1185, 1998.

BODDEY, R. M.; SA, J. C. de M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 29, n. 5/6, p. 787-799, 1997.

- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDER, L. do P.; COSTA, M. B. B. da; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1992. 346 p.
- DE-POLLI, H.; CHADA, S. de S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção do milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 3, p. 287-293, 1989.
- DE-POLLI, H.; FRANCO, A. A. **Inoculação de sementes de leguminosas**. Seropédica: Embrapa-UAPNPBS, 1985. 31 p. (Circular Técnica, 1).
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; FRANCO, A. A. Adubação verde: parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O. (Ed.). **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. Londrina: Iapar, 1996. p. 225-242.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro, 1979. 1 v.
- ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R. da; SOUZA, F. A. de. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 339-347, mar. 1998.
- FAVARETTO, N.; MORAES, A. de; MOTTA, A. C. V.; PREVEDELLO, B. M. S. Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 289-297, fev. 2000.
- GOUVEIA, R. F. de; ALMEIDA, D. L. de. Avaliação de algumas características agrônômicas de sete adubos verdes de inverno no Município de Paty do Alferes, RJ. **Revista da Universidade Rural**, Série Ciência da Vida, Itaguaí, v. 19, p. 1-11, 1997.
- HEINRICH, R.; FANCELLI, A. L. Influência do cultivo consorciado de aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.) e ervilhaca (*Vicia sativa* L.) na produção de fitomassa e no aporte de nitrogênio. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 27-31, 1999.
- JACOBI, U. S.; FLECK, N. G. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no início do ciclo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 11-19, jan. 2000.
- JANNINK, J. L.; LIEBMAN, M.; MERRICK, L. C. Biomass production and nitrogen accumulation in pea, oat, and vetch green manure mixtures. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 2, p. 231-240, 1996.
- LONERAGAN, J. F.; ASHER, C. J. Response of plants to phosphate concentration in solution culture: II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth. **Soil Science**, Madison, v. 103, n. 5, p. 311-318, 1969.
- MOJTAHEDI, H.; SANTO, G. S.; INGHAM, R. E. Suppression of *Meloidogyne chitwoodi* with sudangrass cultivars as green manure. **Journal of Nematology**, Lakeland, v. 25, n. 2, p. 303-311, 1993.
- NELSON, J. B.; KING, L. D. Green manure as a nitrogen source for wheat in the Southeastern United States. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v. 11, n. 4, p. 182-189, 1996.
- STAMPFORD, N. P.; ALBUQUERQUE, M. H.; SANTOS, D. R. Aproveitamento do nitrogênio pelo sorgo em sucessão a leguminosas incorporadas em diferentes épocas de corte. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 221-227, 1994.