

Avaliação do Crescimento de Plantas de Três Espécies Cultivadas em Solo Proveniente de Três Sistemas de Rotação no Uruguai.¹

AMALIA RIOS², MARCO ANTONIO OLIVA³ e NEY FERNANDEZ LOPEZ³

Resumo. O crescimento do trigo e de duas plantas daninhas, *Raphanus raphanistrum* L. e *Lolium multiflorum* LAM., foi estudado em condições de casa de vegetação, com a finalidade de determinar as diferenças induzidas pelas alterações no solo de três sistemas de rotação, no período crítico de competição da cultura. As três espécies cresceram isoladas em vasos, com solo dos três sistemas de rotação. Foram realizadas três coletas sucessivas das plantas, a intervalos regulares de sete dias, sendo a primeira feita na quarta semana após a emergência. O crescimento das três espécies foi diferente nos três sistemas de rotação, podendo estar associado a condições de fertilidade ou a características alelopáticas. Reduções da taxa de crescimento da planta, da ordem de 10,2; 6,2 e 3,5 vezes ocorreram em *L.mutiflorum*, trigo e *R.raphanistrum*, respectivamente, do sistema um para o sistema três. O trigo foi proporcionalmente mais prejudicado no crescimento radical que no da parte aérea; as invasoras tiveram maiores reduções no crescimento da parte aérea. A maior fertilidade determinou as diferenças nas taxas de crescimento da área foliar e assimilatória líquida, apresentando *R.raphanistrum*, trigo e *L.mutiflorum*, as taxas menores, intermediárias e maiores, respectivamente. A razão parte aérea:sistema radical no trigo aumentou com o nível de fertilidade da primeira para a terceira coleta. As duas plantas daninhas apresentaram em todos os sistemas uma relação maior que 1,0. A razão de área foliar das gramíneas aumentou com a fertilidade, entretanto para a dicotiledônea os valores foram semelhantes nos três sistemas. A razão de peso foliar nas três espécies respondeu aos acréscimos nos níveis de fertilidade. Nas três espécies, a área foliar específica decresceu da primeira à terceira coleta. Nomenclatura: *Lolium multiflorum* LAM.,⁴# LOLMU; *Raphanus raphanistrum* L.,# RAPRA; trigo, *Triticum aestivum* L.

Palavras chave: Competição, LOLMU, RAPRA,

Abstract. Growth of wheat during its critical period of competition and of two weeds, *Raphanus raphanistrum* L. and *Lolium multiflorum* L., were studied in the greenhouse to determine differences induced by disturbances in soil of three rotation systems. The three species were grown by themselves in pots with soil the different systems. Three successive plant harvest were done, at weekly intervals starting at the fourth week from emergence. Growth of the three species was different in the three systems probably associated to fertility conditions or to allelopathic characteristic. Reductions in the growth rate of the plants were 10,2; 6,2 and 3,5 times for *L.mutiflorum*, wheat and *R.raphanistrum*, respectively going from least fertile to the greatest. Wheat was proportionally more affected in its root growth than in its upper part, on the contrary weeds had major reductions in their upper plant portions. Increments in fertility determined differences in foliar growth and liquid assimilatory rates, increasing from *R.raphanistrum*, wheat to *L.mutiflorum* respectively. Upper part:root system relation in wheat increased with fertility from the first to the third harvest. Both weeds showed in all systems values above 1,0 for the relation above mentioned. Foliar area rates for grasses increased with fertility, meanwhile rates for dicotyledons were similar in the three systems. Leaf weight rates in the three species responded to increases in fertility. Specific foliar area decreased in the three species from the first to the third harvest. Nomenclature: *Lolium multiflorum* LAM.,⁴# LOLMU; *Raphanus raphanistrum* L.,# RAPRA; trigo, *Triticum aestivum* L.,»Federal«. **Additional index words:** competition, LOLMU, RAPRA.

¹Parte da tesis de Doutorado do primeiro autor. ² INIA La Estanzuela, 70000, Colonia, Uruguay. ³Dpto. Biología Vegetal, Univ.Fed. Viçosa, 36570, Viçosa, Brasil. ⁴As letras após do símbolo pertencem ao código do computador, aprovado pela WSSA, tomado da Composite List of Weeds, 1989, disponível em WSSA, 1508 West University Avenue, Champaign, IL 61821-3133. ⁵Abreviaturas: S1, sistema 1; S2, sistema 2; S3, sistema 3; COL, coletas: SAE, semana após a emergência; A_f, área foliar; W_t, produção de matéria seca total; W_{pa}, da parte aérea; W_f, da folha; W_r, da raiz; C_r, taxas de crescimento médio da planta; C_{pa}, da parte aérea; C_{pr}, do sistema radical; C_A, da área foliar; PA:SR, razão parte aérea:sistema radical; F_A, razão área foliar; F_w, razão de peso foliar; S_A, área foliar específica; E_A, taxa assimilatória líquida.

INTRODUÇÃO

As rotações agrícolas-pastoris têm por objetivo, na etapa pastagem, a restauração das propriedades físicas e químicas do solo e, na etapa cultura, o aproveitamento dessa fertilidade. A restauração se realiza por meio do crescimento radical, incorporação de resíduos orgânicos, que são produto da morte de raízes e parte aérea, e dejeções animais (12), principalmente no horizonte superficial, onde cresce a maioria das raízes. A matéria orgânica assim incorporada atua cimentando as partículas minerais do solo, favorecendo a agregação das partículas dispersas em unidades estruturais, sendo fonte de nutrientes minerais como fósforo, enxofre e nitrogênio.

A matéria orgânica gerada por gramíneas e leguminosas é diferente, as gramíneas têm alta relação C/N, entretanto, as leguminosas, baixa; conseqüentemente há rápida mineralização e liberação de quantidades importantes de N e outros nutrientes. A quantidade de N disponível depende da espécie, percentagem e produtividade das leguminosas no consórcio (2, 7, 35, 43). No Uruguai a produtividade das pastagens diminui a partir do segundo ano, em razão da morte de plantas de leguminosas e da produtividade menor das que sobrevivem (20, 21, 22). A composição e a produtividade da pastagem determinam diferenças a curto prazo na disponibilidade de nitrogênio que resultam em diferentes rendimentos das culturas posteriores (27, 28, 40, 44). Assim, rendimentos maiores são obtidos quando o trigo é semeado após gradagem de pastagens de dois anos, e menores quando semeado há mais anos, onde o componente gramínea é predominante, ou seja, após pastagens de três e quatro anos (33, 34).

Gradagens sucessivas determinam a deterioração das propriedades físicas do solo (19), favorecendo a mineralização e perda da matéria orgânica (1). Os resultados destes processos antagônicos produzidos na rotação cultura e pastagem determinam as diferenças nas características químicas do solo nos três sistemas em estudo (16, 17, 37).

Nutrientes minerais, luz e água são os fatores principais pelos quais as plantas competem (25, 49). As características competitivas de culturas e plantas daninhas estão relacionadas com suas capacidades para obter recursos do ambiente dos quais dependem. As invasoras caracterizam-se por apresentar propriedades fisiológicas, morfológicas, genéticas e ontogênicas que determinam um crescimento rápido (23, 24), utilizando eficientemente maior proporção de recursos abióticos que seus pares cultivados, o que as favorece, segundo Harper (25), na obtenção do espaço e na determinação de maiores taxas de crescimento, reflexo da habilidade competitiva relativa de cada espécie. Para identificar as características competitivas das plantas, modificações no crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca das partes distintas da planta que podem ser influenciadas pelos sistemas de rotação, é necessário padronizar as condições do estudo, de forma que os determinantes da produtividade possam ser isolados. O objetivo desse experimento foi o de determinar as diferenças no crescimento do trigo e das invasoras, induzidas pelas alterações no solo dos sistemas de rotação, no período crítico de competição da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) La Estanzuela, está situado a 34° 20' de Latitude, 57° 41' de Longitude e a 81 m acima do nível do mar. Nesta Estação Experimental, no ano de 1963, foi iniciado um experimento visando à avaliação de sete sistemas de rotação, em solo que apresentava um uso agrícola de 60 anos. O solo é um Brunosol Eutrítico típico, de suave a moderadamente ondulado (2-4% de declividade). O perfil nos primeiros 0,25 m (varia entre 0,18 a 0,30 m) apresenta cor parda muito escura (10 YR 2/2), textura franco-argilossiltosa, estruturado em blocos subangulares, médios, moderados, de transição clara (49).

Dos sete sistemas de rotação, selecionaram-se três: sistema um (S1)⁵, sistema cinco (S5)⁵ e sistema sete (S7)⁵, com base nas culturas e pastagens predominantes em cada ano no ciclo da rotação, considerados extremos no contexto do complexo solo-planta (Quadro 1).

No ano de 1983 modificaram-se várias seqüências, que se ajustaram às mudanças tecnológicas e de mercado acontecidas nos primeiros 20 anos (15). Assim, a semeadura de linho foi substituída pela de cevada e semeadura direta de girassol.

Quadro 1 Descrição dos Três Sistemas de Rotação.

SISTEMA	DESCRIÇÃO
1	Agricultura contínua com culturas de grãos (trigo, sorgo, cevada, semeadura direta de girassol), sem adubação
5	Rotação de pastagem formada por mistura de leguminosas (<i>Lotus corniculatus</i> e <i>Trifolium repens</i>) e gramínea (<i>Festuca arundinacea</i>) durante 50% do período e culturas do grãos (sorgo, cevada, semeadura direta de girassol e trigo consorciado com pastagem)
7	Rotação de leguminosas forrageiras bianuais (<i>Trifolium pratense</i>), durante 33% do tempo, e culturas de grãos (trigo, cevada, semeadura direta de girassol, e trigo em consórcio com a leguminosa forrageira)

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e simularam uma situação agrícola simplificada. A cultura de referência foi o trigo e as invasoras foram a dicotiledônea *Raphanus raphanistrum* e a monocotiledônea *Lolium multiflorum*. Selecionou-se o trigo, por ser a única cultura que sempre esteve presente nos três sistemas. As invasoras foram selecionadas por serem fisiologicamente diferentes e com hábitos contrastantes de crescimento, apresentando alta frequência nos solos agrícolas uruguaios.

As características químicas do solo nos três sistemas de rotação são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Características Físicas e Químicas do Solo nos Três Sistemas de Rotação.

CARACTERÍSTICAS	S1	S5	S7
Densidade Aparente (g cm ⁻³)	1,25	1,16	1,27
pH (H ₂ O)	6,0	6,0	6,0
Matéria Orgânica (%)	2,3	3,4	3,8
Nitrogênio Total (%)	0,12	0,18	0,20
P (ug g ⁻¹)	3,4	12,2	23,0

As amostras de solo foram tomadas quando estava plantado, no sistema um, girassol de semeadura direta, no sistema cinco, pastagem, em seu terceiro ano, e no sistema sete, trevo vermelho, no segundo ano. A amostragem do solo foi feita segundo a metodologia proposta por Sabbe e Marx (41). As amostras foram tomadas com um trado de 19 mm de diâmetro, até 0,2 m de profundidade, obtendo-se uma amostra composta, a qual foi homogeneizada, e a partir da qual foram tomadas as subamostras para as unidades experimentais de cada experimento.

Para caracterizar o crescimento das plantas as três espécies cresceram isoladas em vasos, com solo dos três sistemas de rotação, em condições de casa de vegetação.

Foram realizadas três coletas (COL)⁵ sucessivas das plantas, com três repetições, a intervalos regulares de sete dias, sendo a primeira feita na quarta semana após a emergência (SAE)⁵. A parte aérea foi cortada rente ao solo e o sistema radical lavado em peneiras. A área foliar (A_f)⁵, foi estimada por comparação da área conhecida de papel com o peso dos recortes dos perímetros das folhas. A matéria seca foi determinada após secagem do material vegetal em estufa de ventilação forçada, a 75 °C, até peso constante. A partir da matéria seca das partes aérea e radical das três espécies, foram calculadas a produção de matéria seca total (W_t)⁵, da parte aérea (W_{pa})⁵, da folha (W_f)⁵, e da raiz (W_{pr})⁵. Os dados foram submetidos à análise de variância.

Conforme Radford (39), foram calculadas taxas de crescimento médio da planta (C_t)⁵, da parte aérea (C_{pa})⁵, do sistema radical (C_{pr})⁵ e da área foliar (C_A)⁵. As equações empregadas foram do tipo usado para calcular a taxa de crescimento médio da planta no intervalo de tempo (t₂ - t₁):

$$C = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

, em que W₂ e W₁ são as matérias secas nos tempos t₂ e t₁, respectivamente.

Determinou-se a razão da parte aérea:sistema radical (PA:SR)⁵. A razão de área foliar (F_A)⁵, a razão de peso foliar (F_w)⁵ e a área foliar específica (S_A)⁵ foram determinadas a partir de valores instantâneos de A_t, W_t e W_t, e empregadas nas equações F_A = A_t/W_t; F_w = W_t/W_t e S_A = A_t/W_t, de acordo com RADFORD (35).

Foram calculadas as taxas de crescimento relativo médio da planta (R_w) e da área foliar(R_A), com equação:

$$R_w = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{\ln A_2 - \ln A_1}, \text{ sendo } W_2 \text{ e } W_1 \text{ as matérias secas nos tempos } t_2 \text{ e } t_1, \text{ respectivamente.}$$

$$R_A = \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1}, \text{ em que } A_2 \text{ e } A_1 \text{ são as áreas foliares } t_2 \text{ e } t_1, \text{ respectivamente.}$$

Para estimar a taxa assimilatória líquida (E_A)⁵, visto o valor de $\alpha = R_w/R_A$, utilizou-se a fórmula:

$$E_A = \frac{W_2 - W_1}{A_2 - A_1} \cdot \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1} \text{ quando } \alpha = 0.5 \text{ a } 1.5$$

$$E_A = \frac{2(W_2 - W_1)}{(A_2 - A_1)(t_2 - t_1)} \text{ quando } \alpha = 1.5 \text{ a } 2.5 .$$

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial de três sistemas de rotação, quatro combinações de competição e três épocas de coleta. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. A comparação de médias foi realizada segundo o teste de MDS, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados em geral mostraram que o crescimento das três espécies foi diferente nos três sistemas de rotação, podendo estar associado a condições de fertilidade ou a características alelopáticas (Figura 1).

As diferenças em W_t de cada espécie, em um mesmo solo, podem ser resultado de características intrínsecas, especialmente na fase inicial do estabelecimento. O trigo, por exemplo, parece capitalizar, durante o primeiro mês de crescimento, as reservas alocadas na semente. Os efeitos do solo dos diversos sistemas de rotação, no trigo, manifestaram-se somente a partir da segunda coleta.

A eficiência do aparelho fotossintético determina C_t das culturas, em resposta às condições do meio. Reduções de C_t (S7:S1), da ordem de 10, seis e três vezes ocorreram em *L.multiflorum*, trigo e *R.raphanistrum*, respectivamente, do sistema um para o sistema 7. Essas reduções parecem relacionar-se com a disponibilidade nutricional do solo, principalmente considerando que esses são os sistemas mais contrastantes nutricionalmente.

Na comparação de C^{pa} e C^{pr} das três espécies no solo dos sistemas um e sete, o trigo foi proporcionalmente mais prejudicado no crescimento radical que na parte aérea.

Quadro 3 - Taxas de Crescimento Médio do Trigo, *R. raphanistrum*, *L. multiflorum* no Solo dos Três Sistemas, Obtidas entre a 4ª e 6ª Semana da Emergência.

Taxas de Crescimento Médio				
ESPÉCIE	S1	S5	S7	S7:S1
	mg planta ⁻¹ semana ⁻¹			
Trigo	86	222	536	6,2
<i>R. raphanistrum</i>	93	237	322	3,5
<i>L. multiflorum</i>	43	180	438	10,2

As invasoras, no entanto, tiveram maiores reduções no crescimento da parte aérea (Quadro 4).

Quadro 4 - Taxas de Crescimento Médio da Parte Aérea e Radical para Trigo, *R. raphanistrum* e *L. multiflorum* no Solo dos Três Sistemas Obtidas entre a 4ª e a 6ª Semana da Emergência.

ESPÉCIE	Taxas de Crescimento Médio							
	PARTE AÉREA				PARTE RADICAL			
	S1	S5	S7	S7:S1	S1	S5	S7	S7:S1
	mg planta ⁻¹ semana ⁻¹							
Trigo	49	125	318	6,5	37	97	217	5,9
<i>R. raphanistrum</i>	76	164	238	3,1	17	73	85	5,0
<i>L. multiflorum</i>	28	102	248	8,9	14	78	189	13,5

Considerando as características de crescimento das espécies no primeiro mês, é provável que o trigo nesse período maximize a exploração do solo e, posteriormente, aloque fotoassimilados, preferencialmente na parte aérea.

R. raphanistrum é uma invasora anual, amplamente distribuída em solos agrícolas do cone sul. Os resultados de C_i (Quadro 3, S3:S1) mostram que o *Raphanus* foi o menos influenciado pelo estresse do sistema um, característica associada a espécies ruderais. A espécie, no primeiro mês, desenvolveu maior crescimento da parte aérea, porém, numa etapa posterior, a prioridade foi o crescimento do sistema radical (Quadro 4).

O comportamento de *L. multiflorum* foi estreitamente relacionado com as condições de fertilidade do solo. Nas condições de pastagem natural no Uruguai, *L. multiflorum* é uma espécie invasora em solos de fertilidade média a alta, que deve ser controlada a partir do segundo ano, em campos de produção de sementes de leguminosas. Esse comportamento é associado à maior disponibilidade de nitrogênio. A espécie poderia ser classificada como competidora, conforme a caracterização de Grime (23), uma vez que apresenta alto Ct, que permite maximizar a exploração do solo, facilitando sua invasão em solos férteis. O menor tamanho de sua semente parece determinar inicialmente o crescimento da parte aérea, o que assegura o estabelecimento da planta. Numa etapa posterior, possivelmente a prioridade seja a exploração do solo (Quadro 4). As plantas competitivas possuem a característica de não sobreviverem em ecossistemas altamente estressados, onde são substituídas pelas espécies tolerantes ou ruderais.

O desenvolvimento da área foliar determina acréscimos, tanto na percentagem de interceptação de radiação solar quanto na taxa de produção de matéria seca (4). C_A significa, ecofisiologicamente, a velocidade com que a planta se torna autotroficamente independente e em condições de competir pelo espaço físico. A expansão das células parece ser influenciada pelo fornecimento de elementos minerais, pois altos suprimentos de nutrientes, especialmente nitrogênio, aumentam o crescimento da folha (36).

Os resultados obtidos corroboram esta observação (Quadro 5). Aparentemente, a maior fertilidade

determinou as diferenças em C_A , já que no sistema um as espécies apresentaram C_{As} similares. Entretanto, no sistema sete houve aumentos consideravelmente diferenciados, com *R.raphanistrum*, trigo e *L.multiflorum* apresentando C_A menor, intermediário e maior, respectivamente.

E_A representa a quantidade da matéria seca produzida por planta por unidade de área foliar, e está intimamente relacionada com a quantidade de radiação interceptada pela planta.

E_A aumentou com a fertilidade dos sistemas (Quadro 6), de forma semelhante a C_A . Nos três sistemas, *R.raphanistrum* apresentou menor E_A , trigo intermediária e *L.multiflorum* maior.

Quadro 5 Taxas de Crescimento da Área Foliar das Três Espécies Crescendo no Solo dos Três Sistemas, Obtida entre a 4ª e a 6ª Semana da Emergência.

Taxas de Crescimento			
Especie	S1	S5	S7
	cm ²	planta ⁻¹	semana ⁻¹
Trigo	12	24	44
<i>R.raphanistrum</i>	11	19	26
<i>L.multiflorum</i>	9	32	58

Quadro 6 - Taxa Assimilatária Líquida do Trigo, *R.raphanistrum* e *L. multiflorum* no Solo dos Três Sistemas, Obtida entre a 4ª e a 6ª Semana da Emergência

Taxa Assimilatária Líquida			
Especie	S1	S5	S7
	mg	mm ²	semana ⁻¹
Trigo	3,79	7,44	9,49
<i>R.raphanistrum</i>	2,17	3,11	2,90
<i>L.multiflorum</i>	4,94	8,75	9,71

Na fase inicial de crescimento, a quantidade de radiação interceptada é pequena e proporcional à quantidade de área sustentada. Com o crescimento da planta e a produção de novas folhas, incrementa-se o auto-sombreamento e, portanto, a quantidade de energia interceptada por unidade de área diminui. Este fato é mais acentuado no caso do *R.raphanistrum*, por características intrínsecas a essa espécie, como o hábito das folhas, com tendência planófila, que determinaria, nesse período de desenvolvimento, menor quantidade de radiação interceptada em relação às gramíneas. Além disso, a espécie já tinha emitido ou estava por emitir a inflorescência. O declínio em E_A na fase reprodutiva (30, 42), é atribuído ao aumento do auto-sombreamento, à formação de sementes e à senescência foliar (6).

Dependendo da espécie, o ambiente pode influenciar a partição de matéria seca. A relação PA:SR no trigo aumentou com o nível de fertilidade da primeira para a terceira coleta, indicando que o trigo colonizou primeiro o solo e depois expandiu a parte aérea (Quadro 7). Isso determinou um acréscimo significativo de folhas e caules, característico da fase de perfilhamento da espécie.

Quadro 7 - Razão Parte Aérea: Sistema Radical do Trigo *R.raphanistrum* e *L.multiflorum* no Solo dos Três Sistemas, e nas Três Épocas de Coleta.

		Razão Parte Aérea: Sistema Radical								
		Trigo			<i>R.raphanistrum</i>			<i>L.multiflorum</i>		
Coleta	SAE	S1	S5	S7	S1	S5	S7	S1	S5	S7
4	0,81	0,77	1,29	2,41	3,55	5,47	1,46	1,33	1,77	
5	0,95	1,17	1,21	4,27	2,48	2,30	2,07	1,17	1,61	
6	1,09	1,17	1,45	3,87	2,40	3,07	1,88	1,31	1,33	

A taxa e a extensão do crescimento da parte aérea e das raízes são interativas e dependem de sua atividade específica, que é definida como atividade por unidade de matéria seca da parte aérea e das raízes. Em solos de baixa fertilidade a atividade específica das raízes é mais baixa, e, então, maior proporção da matéria seca total é alocada nas raízes (14). Quando as condições do ambiente favorecem rápido acúmulo de biomassa aérea, a relação PA:SR aumenta. O crescimento da parte aérea favorece a demanda por nutrientes e aumenta a fotossíntese líquida. Isso pode significar que maior quantidade de fotoassimilados será translocada para regiões de crescimento e de absorção da raiz, e a demanda energética da raiz será favorecida pelo aumento da respiração (13, 38, 47).

O maior nível de nutrientes do solo no sistema sete, possivelmente favoreceu maior acúmulo de matéria seca na parte aérea do trigo já no primeiro mês, em relação ao dos sistemas um e cinco (Quadro 5), visto que na primeira coleta a relação PA:SR foi maior que 1,0. A redução da relação PA:SR é uma resposta fenotípica e característica de espécies de crescimento rápido, adaptadas a habitats de alto nível nutritivo (8). Essas espécies apresentam maior plasticidade nos padrões de distribuição de fotoassimilados em relação àquelas que crescem em ambientes com recursos abióticos limitados. (23).

R.raphanistrum, em todos os sistemas, apresentou relação maior que 1,0, o que pode indicar maior capacidade da espécie para vencer a competição por cobertura. Entretanto, um estresse nutricional no solo pode reverter essa tendência em todas as plantas, isto é, os fotoassimilados seriam depositados preferencialmente na raiz, alterando a relação PA:SR, (3, 5, 10, 11, 14). Outro mecanismo de resposta ao estresse seria aumentar a eficiência da absorção sem aumentar a massa radical (18, 26, 32). Muitas vezes esses dois mecanismos não são suficientes para compensar o déficit nutricional, se esse está abaixo de determinados limites. No *R.raphanistrum*, a diminuição da relação PA:SR, determinada na segunda e na terceira coleta, pode indicar que o crescimento da parte aérea foi suficiente, sendo necessário um crescimento radical proporcionalmente maior, para que a disponibilidade de nutrientes não condicione a fase reprodutiva.

L.multiflorum apresentou em todos os sistemas uma relação superior a 1,0; possivelmente o menor tamanho de semente e, portanto, menor quantidade de reservas, em relação ao trigo, determinaram o estabelecimento e a sobrevivência da espécie por meio do maior crescimento inicial da parte aérea. Essa adaptação, provavelmente, possibilita que *L.multiflorum* seja uma das mais importantes invasoras na cultura de trigo.

F_A representa o tamanho da superfície assimilatória (A_p) em relação à matéria seca total (W_t). Houve um aumento de F_A em trigo e *L.multiflorum* com o incremento da fertilidade (Quadro 8). Nos sistemas um e dois, na primeira coleta, os valores menores de F_A indicaram que limitações nutricionais ou alelopáticas interferiram no crescimento foliar. O mesmo não sucedeu no sistema sete, que apresentava maior disponibilidade de nutrientes. F_A caracteriza-se por decrescer com a ontogenia das plantas (9). Assim, esse comportamento foi observado nas duas gramíneas, no sistema sete, onde cresceram sem limitações que pudessem distorcer os padrões de alocação de fotoassimilados.

R.raphanistrum apresentou valores de F_A semelhantes nos três sistemas. Esse comportamento deve-se, provavelmente, à disposição com tendência horizontal (planófilas) das folhas. Nos três sistemas observou-se o declínio em F_A com o tempo, associado ao desenvolvimento reprodutivo da espécie. As sementes, que funcionam como centros de assimilados, depósitos metabólicos ou drenos, competem com as estruturas vegetativas, caules, folhas etc., reduzindo seu crescimento e acelerando a senescência das folhas.

Quadro 8 Razão de Área Foliar do Trigo, *R.raphanistrum* e *L.multiflorum* no Solo dos Três Sistemas de Rotação e nas Três Épocas de Coleta.

Razão de Área Foliar									
Coleta SAE	Trigo			<i>R.raphanistrum</i>			<i>L.multiflorum</i>		
	S1	S5	S7	S1	S5	S7	S1	S5	S7
	mm ² g ⁻¹								
4	0,12	0,11	0,18	0,25	0,22	0,24	0,24	0,24	0,29
5	0,15	0,14	0,11	0,16	0,18	0,14	0,28	0,21	0,20
6	0,13	0,11	0,09	0,14	0,10	0,11	0,21	0,18	0,14

A razão de área foliar F_A tem como componentes a razão de peso foliar (F_w) e a área foliar específica (S_A) (29, 31, 39), sendo que F_w (Quadro 9) representa a razão entre a matéria seca foliar (W_f) e a matéria seca total (W_t).

Quadro 9 Razão de Peso Foliar do Trigo, *R.raphanistrum* e *L.multiflorum* no Solo dos Três Sistemas de Rotação e nas Três Épocas de Coleta.

Razão de Peso Foliar									
Coleta SAE	Trigo			<i>R.raphanistrum</i>			<i>L.multiflorum</i>		
	S1	S5	S7	S1	S5	S7	S1	S5	S7
	g g ⁻¹								
4	0,36	0,35	0,45	0,64	0,72	0,79	0,48	0,46	0,52
5	0,39	0,44	0,43	0,75	0,62	0,60	0,49	0,49	0,47
6	0,42	0,45	0,43	0,71	0,52	0,64	0,51	0,43	0,41

Nas três espécies, R_w respondeu aos acréscimos nos níveis de fertilidade, ou seja, maior proporção de fotoassimilados foi alocada em estruturas fotossinteticamente ativas, o que concorda com os resultados apresentados no Quadro 7. O baixo nível de nutrientes do sistema limitou, de forma semelhante, o desenvolvimento dos tecidos fotoassimiladores das três espécies, sendo que os maiores valores de R_w foram obtidos na terceira coleta. Entretanto, no sistema três os valores de R_w diminuíram da primeira para a terceira coleta, nas três espécies. R_w apresenta forte tendência de decréscimo com a ontogenia das plantas, como resultado, em parte, do aumento gradativo de tecidos não-assimilatório (48). Esse decréscimo foi marcante em *L.multiflorum*, em razão do alto grau de perfilhamento dessa espécie, na qual, no sistema três, ocorreu um acúmulo proporcionalmente maior de matéria seca nos caules, de 19 a 27% da primeira para a terceira coleta.

S_A representa a razão entre a área foliar (A_f) e a matéria seca foliar (W_f). Nas três espécies, S_A decresceu da primeira à terceira coleta (Quadro 10); esse comportamento indica que as folhas não se expandem às mesmas taxas, à medida que o crescimento progride (42).

A área foliar específica S_A muda marcadamente com o ambiente em que a folha se desenvolve e expande, o ambiente ao qual está sujeita quando está plenamente expandida e com a idade da planta (9).

Quadro 10 - Área Foliar Específica do Trigo, *R.raphanistrum* e *L.multiflorum* no Solo dos Três Sistemas de Rotação e nas Três Épocas de Coleta.

Área Foliar Específica									
Coleta SAE	Trigo			<i>R.raphanistrum</i>			<i>L.multiflorum</i>		
	S1	S5	S7	S1	S5	S7	S1	S5	S7
	mm ² .g ⁻¹								
4	32	32	39	39	30	31	44	55	54
5	39	33	25	18	30	24	57	42	43
6	32	24	22	20	20	17	41	42	33

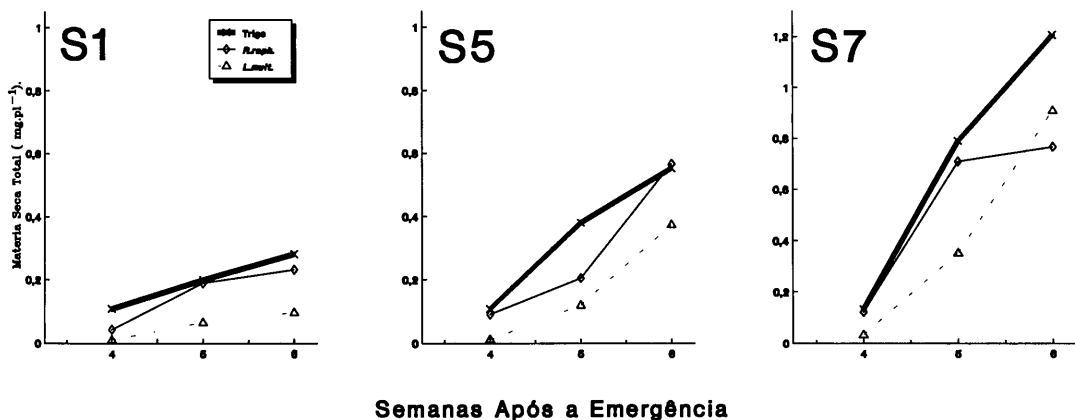


FIGURA 1 - Acúmulo de Matéria Seca Total do Trigo, *R.raphanistrum* e *L.multiflorum* nos três Sistemas de Rotação.

LITERATURA CITADA

1. Baethgen, W.E. 1992. Dinámica del nitrógeno en sistemas de rotación cultivos-pasturas. Inv. Agr. Simposio sustentabilidad de las rotaciones cultivo-pastura. Montevideo, 1: 3-25.
2. Blanchoud, G. 1968. Contribución de diferentes especies de leguminosas y la influencia de la fertilización nitrogenada en la productividad de una pradera de gramíneas. (Tese M.S.) Colonia, Uruguay, IICA, 90p.
3. Brewster, J.L.; K.K.S. Bhat and P.H. Nye. 1975. The possibility of predicting solute uptake and plant growth response from independently measured soil and plant characteristics. II. The growth and uptake of onions in solutions of constant phosphate concentration. Plant Soil, 42: 171-95.
4. Brougham, R.W. 1956. Effect of intensity of defoliation on re-growth of pasture. Aust. J. Agric. Res., 7:377-87.
5. Brouwer, R. 1966. In: ed The Growth of Cereals and Grasses, London, F.L. Milthorpe and D.J. Irvin Butterworth, p.153-66.
6. Buttery, B.R. 1969. An analysis of the growth of soybeans as affected by plant population and fertilizer. Can. J. Plant Sci., 49:675-84.
7. Caldeyro, M. and D.L. Martino. 1982. Residualidad de nitrógeno luego de pasturas de distinto tipo y edad. Montevideo, Facultad de Agronomía, 85p.
8. Chapin, F.S. 1980. III. The mineral nutrition of wild plants. Ann. Rev. Ecol. Syst., 11:233-60.
9. Charles-Edwards, D.A.; D. Doley and G.M. Rimmington. 1986. Modelling plant growth and development. Australia, Academic Press, 235p.
10. Christie, E.K. and J. Moorby. 1975. Physiological responses of semi-arid grasses. I. The influence of phosphorus supply on growth and phosphorus absorption. Aust. J. Agric. Res., 26: 423-36.
11. Claassen, N. and S.A. Barber. 1977. Potassium influx characteristics of corn roots and interaction with N, P, Ca, and Mg influx. Agron. J., 69: 860-64.
12. Clement, C.R. and T.E. Williams. 1964. Leys and soil organic matter. I. The accumulation of organic carbon in soils under different leys. J. Agr. Sci. Camb., 63:377-83.
13. Clement, C.R.; M.J. Hopper; L.H.P. Jones and E.L. Leafe. 1978. The uptake of nitrate on *Lolium perenne* from flowing nutrient solution: II. Effects of light, defoliation, and relationship to CO₂ flux. J. Exp. Bot., 29: 1173-84.
14. Davidson, R.L. 1969. Effects of soil nutrients and moisture on roots/shoot ratios in *Lolium perenne* L. and *Trifolium repens* L. Ann. Bot., 33: 571-7.
15. Díaz, R. 1983. Propuesta de modificaciones a un experimento de rotaciones agrícola-ganadera. Inv. Agr., 4: 76-8.
16. Díaz, R. 1992. Evolución del nitrógeno total en rotaciones con pasturas. Inv. Agr. Simposio sustentabilidad de las rotaciones cultivo-pastura. Montevideo, I:26-36.
17. Díaz, R. 1992. Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos con pasturas. Inv. Agr. Simposio sustentabilidad de las rotaciones cultivo-pastura. Montevideo, I:103-110.
18. Drew, M.C. and L.R. Saker. 1975. Nutrient supply and the growth of the seminal root system in barley. II. Localized compensatory increases in lateral root growth and rates of nitrate uptake when nitrate supply is restricted to only part of the root system. J. Exp. Bot., 26: 79-90.
19. García, F. 1992. Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas. Inv. Agr. Simposio sustentabilidad de las rotaciones cultivo-pastura. Montevideo, 127-140.
20. García, J. 1983. Persistencia de pasturas mejoradas. La Estanzuela, Uruguay, PROCISUR, CIMMYT, CIAAB. 126p. (Dialogo,5).
21. García, J. 1992. Persistencia de leguminosas. Inv. Agr. Simposio sustentabilidad de las rotaciones cultivo-pastura. Montevideo, II:143-156.
22. García, J.; F. Formoso; D. Risso; G. Arrospide y P. Ott. 1981. Factores que afectan la productividad y estabilidad de praderas. Colonia, Uruguay, Centro de Investigaciones Agrícolas « Dr Alberto Boerger », p.1-23. (Misc. Publ., 29).
23. Grime, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. Amer. Nat., 3:1169-94.
24. Grime, J.P. and R. Hunt. 1975. Relative growth rate, its range and adaptive significance in a local flora. J. Ecol., 63:393-422.

25. Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. London, Academic Press. 892 p.
26. Haynes, R.J and K.M. Goh. 1978. Ammonium and nitrate nutrition of plants. Biol. Rev., 53:465-510.
27. Heard, A.J. 1965. The effect of the nitrogen content of residues from leys on amount of available soil nitrogen and on yield of wheat. J. Agric. Sci., 64:329-34.
28. Hoyt, P.B and A.M.F. Henning. 1971. Effect of alfalfa and grasses on yield of subsequent wheat crops and some chemical properties of a Gray Wooded Soil. Can. J. Soil Sci., 51:177-83.
29. Hunt, W.F. and R.S. Loomis. 1979. Respiration modelling and hypothesis testing with a dynamic model of sugar beet growth. Ann. Bot., 44:5-17.
30. Koller, H.R.; W.E. Nyquist and I.S. Chorush. 1970. Growth analysis of the soybean community. Crop Sci., 10:407-12.
31. Kvet, J.; J.P. Ondock; J. Necas and P.G. Jarvis. 1971. Methods of growth analysis. In: Sestak, Z.; J. Catsky and P.G. Jarvis. eds. Plant photosynthetic production. Manual of methods. Haia, W. JUNK M.V. p.343-91
32. Lindgren, D.T.; W.H. Gabelman and G.C. Gerloff. 1977. Variability of phosphorus uptake and translocation in *Phaseolus vulgaris* L. under phosphorus stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102:674-7.
33. Martino, D.; M. Caldeyro; A. Bozzano; W. Baetghen y R. Díaz. 1986a. Residualidad del nitrógeno dejado por pasturas. I. Efecto de la composición botánica de la pastura. Inv. Agron., 7:48-59.
34. Martino, D.; M. Caldeyro; A. Bozzano; W. Baetghen y R. Díaz. 1986b. Residualidad del nitrógeno dejado por pasturas. I. Efecto de la duración de pasturas. Inv. Agron., 7:59-66.
35. Melville, J. and P.D. Sears. 1953. Pasture growth and soil fertility. II. The influence of red and white clovers, superphosphate, lime, dung and urine on the chemical composition of the pasture. N. Z. J. Sci. Technol., 1:30-40.
36. Milthorpe, F.L. and J. Moorby. 1982. Introducción a la fisiología de cultivos. Montevideo, Editorial Hemisferio Sur. 259p. 196p (Tese D.S.).
37. Morón, A. y J.C. Kiehl. 1992. Dinámica del fósforo en tres sistemas agrícolas en el suroeste de Uruguay. Inv. Agr. Simposio sustentabilidad de las rotaciones cultivo -pastura. Montevideo, II:61-84.
38. Pitman, M.G.; J. Mowat and H. Nair. 1971. Interactions of processes for accumulation of salt and sugar in barley plants. Aust. J. Biol. Sci., 24:619-31.
39. Radford, R.J. 1967. Growth analysis formula their use and abuse Crop Sci., 7:171-5.
40. Rixon, A.J. 1972. Yield and quality of four wheat crops subsequent to annual and perennial irrigated pastures. Austr. J. Agric. Res., 23:561-71.
41. Sabbe, W.E. and D.B. Marx. 1987. Soil sampling: spatial and temporal variability. In: BROWN, J.R., ed. Soil testing: sampling, correlation, calibration, and interpretation. s.l., SSSA. p. 1-14. (SSSA special publication, 21)
42. Scott, H.D. and J.T. Batchelor. 1979. Dry weight and leaf area production rates of irrigated determinate soybeans. Agron. J., 71:776-82.
43. Silva, M. 1968. Efecto de Diferente Niveles de Nitrógeno y Leguminosas Asociadas sobre la Producción de una Pradera. (Tese M.S.) Uruguay, IICA. 92 p.
44. Tuohey, C.L. and A.D. Robson. 1980. The effect of cropping after medic and non-medic pastures on total soil nitrogen, and on the grain yield and nitrogen content of wheat. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb., 20:220-8.
45. Trenbath, B.R. 1974. Biomass productivity of mixtures. Adv. Agron., 26:177-210.
46. Victora, C.D.; J. Piñeyrua y R. Puentes. 1985. Relevamiento semidetallado de suelos de la Estación Experimental La Estanzuela. Colonia, Uruguay, CIAAB/MAP. 20 p.
47. White, R.E. 1972. Studies on mineral ion absorption by plants. I. The absorption and utilization of phosphates by *Stylosanthes humilis*, *Phaseolus atropurpureus* and *Desmodium intortum*. Plant Soil, 36:427-47.
48. Williams, R.F. 1946. The physiology of plant growth with special references to the concept of net assimilation rate. Ann. Bot., 10:41-72
49. Zindahl, R.L. 1980. Weed-crop Competition. A review. Corvallis, Ore., International Plant Protection