

COMPETIÇÃO POR RECURSOS DO SOLO ENTRE ERVAS DANINHAS E CULTURAS

COMPETITION BETWEEN WEEDS AND CROPS BY SOIL RESOURCES

Mauro Antônio Rizzardi¹ Nilson Gilberto Fleck² Ribas Antônio Vidal²
Aldo Merotto Jr.³ Dirceu Agostinetto⁴

- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -

RESUMO

A competição entre plantas é um processo importante tanto em comunidades naturais quanto em ambientes agrícolas. O impacto vegetativo das ervas daninhas em agroecossistemas é considerado competição se houver redução no montante de recursos disponíveis para a cultura e, neste contexto, o desenvolvimento das raízes influencia na competitividade e na sobrevivência das plantas. Uma planta que apresenta sistema radical bem desenvolvido em extensão e em comprimento tem sido associada com aumento na habilidade competitiva devido ao maior potencial de absorção de água e nutrientes. A competição entre os sistemas radicais das ervas daninhas e das culturas interfere tanto na disponibilidade de água e nutrientes quanto nas interações por luz, na parte aérea. Entretanto, somente ocorrerá competição quando a zona de depleção das raízes da cultura e das ervas daninhas se sobrepõem. A intensidade de competição entre raízes das ervas e da cultura pelos recursos abaixo da superfície do solo dependerá do tipo e da disponibilidade dos recursos e da espécie vegetal e de sua capacidade em desenvolver sistema radical extenso, com diâmetro reduzido e com ampla área superficial.

Palavras-chave: interferência, água, nutrientes, habilidade competitiva, sistema radical.

SUMMARY

Competition between plants is an important process as much in natural communities as in agricultural environments.

The impact of weeds in agroecosystems is referred as competition if there is a reduction in the amount of resources available for the crop and, in this context, root development influences plant competitiveness and survival. A plant which presents a well developed root system in extension and in length has been associated with increased competition ability due to a greater absorption capacity of water and nutrients. Competition between root systems of weeds and crops interferes in water and nutrients availability, as well as in interactions for light in the aerial system. However, competition will only occur when depletion zone of crop and weed roots has surpassed themselves. Intensity of competition between roots of weeds and crops by underground resources will depend on type and availability of resource, and on plant species, and capacity to develop an extensive root system, with a reduced diameter and a high surface area.

Key words: interference, water, nutrients, competitive ability, root system.

INTRODUÇÃO

A interferência representa a soma de interações negativas entre plantas, incluindo competição e alelopatia. É necessário entender os efeitos de cada componente individual da interferência para avaliar a melhor estratégia de manejo das ervas

¹Engenheiro Agrônomo, Mestre, Professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF), Aluno do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

²Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Bolsista do CNPq, CP 776, 91501-970, Porto Alegre, RS. Autor para correspondência.

³Engenheiro Agrônomo, Mestre, Professor do departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS.

⁴Engenheiro Agrônomo, Aluno do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, UFRGS.

daninhas (BOZSA & OLIVER, 1993). As evidências sugerem que a competição seja o componente mais importante da interferência (WILSON, 1988). A competição é importante tanto em comunidades naturais de plantas como em agroecossistemas. A composição botânica de qualquer vegetação é fundamentalmente determinada pelo resultado da competição. Na agricultura, a competição com as ervas reduz o crescimento, a massa vegetal e o rendimento de grãos das culturas e a vantagem da consorciação entre culturas depende basicamente da extensão pela qual as espécies não estão competindo entre si (WILSON, 1988)

O impacto das plantas vizinhas é considerado competição se houver redução no montante de recursos disponíveis para a planta alvo. A definição de competição leva em consideração o grau em que as plantas afetam a abundância de um recurso e como outras plantas respondem à troca desta abundância. Para ocorrer competição abaixo da superfície do solo, a planta deve ocasionar um efeito negativo na disponibilidade de algum recurso para o qual outra planta mostra uma resposta positiva no crescimento, sobrevivência ou reprodução (CASPER & JACKSON, 1997). A habilidade competitiva de uma espécie está relacionada à utilização eficiente dos recursos do meio no qual esta planta se encontra.

A radiação solar (luz) é um componente significativo da competição para algumas espécies daninhas. Acima da superfície do solo, a luz é percebida por fotoreceptores específicos, incluindo fitocromos, criptocromos e fototropina, os quais induzem respostas fotomorfogênicas que influenciam o padrão de investimento do recurso que está sendo capturado e a habilidade das plantas capturarem recursos adicionais (BALLARÉ & CASAL, 2000). Os efeitos dos sinais percebidos por estes fotoreceptores diferem entre as culturas e as plantas daninhas (BALLARÉ, 1999). Entretanto, além da competição por luz, quando plantas da mesma espécie ou de espécies diferentes crescem ou ocupam o mesmo ambiente, podem ocorrer interações por recursos em nível de sistema radical (BOZSA & OLIVER, 1993). As plantas competem por uma grande variedade de recursos no solo, incluindo água e ao menos 20 nutrientes essenciais que diferem em dimensão molecular, valência, estado oxidativo e mobilidade (MARSCHNER, 1995). Assim, parcela significativa da competição entre plantas ocorre abaixo da superfície do solo, onde as rotas de ativação da expressão de genes em resposta à competição por água e nutrientes ainda não são completamente elucidadas e onde as radículas (sistema radicular) e raízes (sistema radical) exercem papel fundamental no processo competitivo. As raízes desempenham

duas funções distintas na planta: a primeira, puramente mecânica, consiste no fornecimento de suporte e ancoragem; a segunda função é fisiológica, ou seja, é através das raízes que minerais e água do solo são supridos para a planta, ao mesmo tempo em que elas se constituem em local de armazenamento das reservas de alimentos manufaturados (RADOSEVICH *et al.*, 1997). Em decorrência, o suprimento interno de água e nutrientes pode sofrer influências negativas quando as plantas são submetidas ao processo de competição (CHAMBERS & HOLM, 1965; SCOTT & GEDDES, 1979; WILSON, 1988; PATTERSON, 1995).

ABSORÇÃO DE ÁGUA E NUTRIENTES

A água no solo inclui-se entre os mais importantes recursos pelos quais as plantas competem. O suprimento desse recurso é dependente da precipitação, evapotranspiração e movimento da água no perfil do solo. No caso das ervas daninhas, a extração de água e nutrientes reduz a disponibilidade destes recursos para a cultura alvo, o que causa estresse e, por fim, reduz o crescimento de ambas e também o rendimento da cultura (PATTERSON, 1995). De outra parte, a adequada nutrição mineral é essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Quando elementos essenciais estão em falta ou quando ocorre competição entre plantas por um elemento particular, a fixação de outro elemento pode ser igualmente afetada. Nesse sentido, verificou-se que o aumento na densidade de plantas (aumento da competição) causou declínio na concentração absoluta de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em folhas, caules e legumes em soja (MARVEL *et al.*, 1992).

Os recursos do solo atingem as raízes através de três processos: interceptação, fluxo de massa e difusão de água e nutrientes (FITTER & HAY, 1992; SALISBURY & ROSS, 1992). Interceptação é a captura de água e nutrientes quando as raízes crescem através do solo. Em geral, a interceptação responde por menos de 10% dos recursos absorvidos pelas raízes e é o menos importante dos três processos referidos. O fluxo de massa, regulado pela transpiração da planta, é uma função da taxa de movimento da água para a raiz e da concentração de nutrientes dissolvidos na solução do solo. Ocorre difusão de nutrientes através das raízes quando sua absorção excede o suprimento por fluxo de massa, criando um gradiente de concentração local. A difusão é especialmente importante para nutrientes com grande fração ligada à matriz sólida do solo, como K e P, enquanto fluxo de massa é, freqüentemente, mais importante para N, particularmente nitrato

(MARSCHNER, 1995; JACKSON & CALDWELL, 1996).

A água do solo pode afetar significativamente o movimento e a disponibilidade dos nutrientes. Assim, podem ocorrer interações entre vários cátions, conduzindo a substituições com subsequente aumento ou diminuição na sua disponibilidade (BERKOWITZ, 1988; PATTERSON, 1995). No geral, a disponibilidade de água e nutrientes é positivamente correlacionada.

No caso da água, existem três fatores que governam sua disponibilidade para o crescimento da planta: o suprimento de água, a morfologia e desenvolvimento da raiz e a fisiologia associada ao uso eficiente de água pela planta (SCOTT & GEDDES, 1979; PATTERSON, 1995; RADOSEVICH *et al.*, 1997). O movimento da água ocorre em resposta a diferenças no potencial de água. O movimento ocorre de um potencial maior (menos negativo) para um potencial menor (mais negativo), representando uma integração entre a demanda atmosférica, o potencial de água no solo e a distribuição de raízes (SCOTT & GEDDES, 1979). Já, no caso dos nutrientes, o solo os mantém em vários compartimentos, tornando-os disponíveis para a planta por mineralização, decomposição ou fixação microbiana.

Por outro lado, a dimensão do gradiente de concentração em volta das raízes é referida como zona de depleção e a taxa de difusão do íon é afetada por alguns fatores. O coeficiente efetivo de difusão é o termo aplicado para a mobilidade dos íons; o que depende da taxa de difusão dos íons na água, do conteúdo volumétrico da água no solo, da impedância do solo e da habilidade da matriz do solo em liberar nutrientes à solução do solo (FITTER & HAY, 1992). Ambos, coeficiente de difusão e extensão da zona de depleção, aumentam com o conteúdo de água. A extensão da zona de depleção também aumenta com a concentração total de nutrientes e com a habilidade da raiz em diminuir a concentração de nutrientes em sua superfície (HOFFLAND *et al.*, 1990).

AS RAÍZES E A COMPETIÇÃO POR ÁGUA E NUTRIENTES

O montante do recurso capturado pelas plantas é função da sua disponibilidade no meio e da eficiência do vegetal na busca do recurso. A principal determinante da eficiência na captura dos recursos são tamanho, distribuição em relação à disponibilidade e atividade dos órgãos de fixação (SCOTT & GEDDES, 1979). Nesse sentido, o tamanho do sistema radical normalmente sofre redução quando a planta cresce em competição com plantas vizinhas.

Esta diminuição no tamanho pode ser atribuída à depleção de água ou nutrientes, especialmente N, liberação de substâncias tóxicas das raízes ou folhas (aleloquímicos) ou produção de substâncias tóxicas durante a decomposição de plantas (KRAMER & BOYER, 1995). Acrescente-se ainda que intensa competição acima do solo, por luz, restringirá o fluxo de carboidratos para as raízes, afetando seu crescimento (LEMAIRE & MILLARD, 1999).

Entre os mecanismos de interação radical, a competição via difusão tem recebido mais atenção. As raízes de plantas vizinhas diminuem a absorção de nutrientes quando as zonas de depleção se justapõem (GREEN *et al.*, 1988). Para determinada distância entre raízes, o grau de competição aumenta com o aumento da difusão efetiva, resultando em maior potencial de competição por nitrato do que por K ou por íons relativamente imóveis, como P. O conceito de justaposição das zonas de depleção é menos aplicável para água e nutrientes dissolvidos, como o N, que são primariamente supridos para as raízes por fluxo de massa. Para esses nutrientes, a competição depende tanto da absorção de nutrientes quanto de água (VOGT *et al.*, 1995).

A habilidade do vegetal em fazer ajustes morfofisiológicos pode ser crítica para o sucesso competitivo que se verifica abaixo da superfície do solo. Vantagens de plasticidade da planta devem ser vistas em termos de quanto recurso adicional será capturado e quão rapidamente irá ocorrer sua adição, porque o aumento na taxa de fixação será importante na presença de competidores (CASPER & JACKSON, 1997). Assim, a ocupação do espaço do solo é um fator de importância primária na competição abaixo da superfície do solo, sendo dependente de algumas características morfofisiológicas da raiz.

O ajuste morfológico do sistema radical está relacionado à intensidade da competição e associado às características da raiz, como taxa de crescimento relativo, comprimento total, densidade ou área superficial, posicionamento da raiz e geometria do sistema radical (MARTIN & SNAYDON, 1982; BOZSA & OLIVER, 1990; SEIBERT & PEARCE, 1993; CASPER & JACKSON, 1997). Estudos de competição inicial entre ervas daninhas e cultura, baseados no crescimento quantitativo das raízes, indicaram que elas representam o principal fator de competitividade das ervas daninhas (DOTRAY & YOUNG, 1993). Em pesquisa com cevada e *Vicia faba*, MARTIN & SNAYDON (1982) observaram que a maior habilidade competitiva da cevada deveu-se ao seu sistema radical. Em outra pesquisa, a interferência do azevém com o trigo ocorreu principalmente abaixo da superfície do solo (STONE *et al.*, 1998). As raízes das plantas de azevém apresen-

taram-se mais finas e mais fibrosas do que as de trigo. A grande densidade de raízes contribuiu para o aumento da competitividade do azevém em relação ao trigo.

Em trabalho realizado com a cultura da soja, *Xanthium strumarium* foi mais competitivo do que a cultura abaixo da superfície do solo, acarretando redução superior a 1,5 vezes na massa de raízes da soja em relação às plantas que cresceram sem interferência (BOZSA & OLIVER, 1990). Na avaliação da massa seca das raízes, o sistema radical de *Xanthium* mostrou-se mais fino do que o da soja, o que lhe proporcionou grande área superficial por unidade de massa seca. Os autores salientaram ainda que raízes com pequeno diâmetro e com presença de pêlos radicais apresentam maior potencial de fixação por unidade de área superficial do que raízes com diâmetro maior. Observação semelhante foi relatada por MARTIN & SNAYDON (1982) com plantas de cevada.

A planta é fundamentalmente dependente do sistema radical para sua sobrevivência e produtividade. Plantas com sistema radical extenso têm sido associadas com grande habilidade competitiva, devido ao aumento no potencial de fixação de água e nutrientes (MARTIN & FIELD, 1988). Nesse sentido, SEIBERT & PEARCE (1993), ao avaliarem o comprimento total das raízes de diferentes espécies na fase de emergência, observaram uma variação desde 2,36cm até 45,7cm. O comprimento radicular na emergência foi maior para espécies com sementes grandes. As espécies oriundas de sementes pequenas (*Amaranthus retroflexus* e *Chenopodium album*) apresentaram reduzido diâmetro de raiz durante o período inicial de crescimento, enquanto a soja mostrou o maior diâmetro radicular em cada data de coleta. Diâmetros radiculares menores nas espécies de sementes pequenas possibilitam-nas formar longo comprimento radicular. Desse modo, é possível que espécies de sementes pequenas sejam beneficiadas na competição abaixo da superfície do solo pela formação de sistema radicular denso e de rápido crescimento, composto principalmente de raízes com diâmetro reduzido (SEIBERT & PEARCE, 1993). Em contrapartida, em milho foi observada correlação positiva do tamanho da semente com vigor e crescimento inicial da planta (REVILLA *et al.*, 1999), embora os autores não tenham avaliado as diferenças no sistema radical das cultivares testadas. Contudo, as diferenças no diâmetro das raízes em função do tamanho de sementes podem ser associados mais a diferenças entre espécies, visto que a morfologia do sistema radical é função tanto de condições ambiente na rizosfera quanto da expressão gênica (WHIGHT *et al.*, 1999).

O rápido crescimento das raízes pode conferir significativa vantagem competitiva em casos nos quais predominem as interações abaixo do solo (MARTIN & SNAYDON, 1982; EXLEY & SNAYDON, 1992; SEIBERT & PEARCE, 1993). Os nutrientes consumidos no início da estação de crescimento e, em consequência, privados de uso pelas plantas vizinhas, podem ser posteriormente redistribuídos dentro da planta. Alguns cereais podem acumular mais de 90% do seu conteúdo final de nutrientes quando eles atingirem apenas 25% do seu tamanho final (BERKOWITZ, 1988). Vários estudos têm mostrado que a época de emergência das ervas daninhas em relação à emergência da cultura também afeta o grau de competição, mas os estudos geralmente não têm conseguido separar os efeitos da época de emergência na competição radicular ou da parte aérea. Contudo, EXLEY & SNAYDON (1992) observaram que a época relativa de emergência mostrou efeito mais intenso de competição no desenvolvimento da cultura e da erva daninha em nível radical. O efeito da época relativa de emergência é importante porque influencia a velocidade de estabelecimento da erva e a intensidade das interações das espécies. Nesse sentido, MONKS *et al.* (1988) observaram que *Xanthium strumarium* e *Ipomoea purpurea* são ervas daninhas que mostram potencial de dominação na competição quando crescem junto com a soja, devido ao rápido crescimento inicial e à alta taxa de alongação radical, principalmente para *Xanthium*.

Apesar da constatação de influência das características morfológicas na competição radical, CASPER & JACKSON (1997) chamam atenção ao fato de que, em determinadas situações, pode não ocorrer correspondência direta entre a densidade de raízes e o efeito da competição radical abaixo da superfície do solo. Segundo os autores, essa falta de correspondência pode ser explicada pelos seguintes fatores: primeiro, a competição pode ocorrer também entre raízes da mesma planta, assim o retorno pelo investimento em novo crescimento radical pode diminuir em maiores densidades de raízes; segundo, onde e como as raízes desenvolvem-se pode ser tão importante quanto a densidade média de raízes. Assim, uma planta que apresente muita área superficial de raiz em uma região do solo pode ser pobremente representada em uma segunda região ou ser menos hábil para concentrar suas raízes em manchas localizadas de nutrientes ou, ainda, a densidade de raízes variar temporalmente. Adicionalmente, as micorrizas apresentam importante contribuição, mas freqüentemente são ignoradas em estudos de aquisição de nutrientes e, ainda, as propriedades fisiológicas relacionadas com a taxa de absorção também são

cruciais para manifestação da habilidade competitiva.

A plasticidade fisiológica envolve variações nas taxas de fixação atribuídas a enzimas alteradas e outras características fisiológicas. No caso de nutrientes minerais, tanto plantas em laboratório quanto no campo aumentaram o $V_{\text{máx}}$ (velocidade máxima de absorção de um íon) e diminuíram o K_m (indicador do ponto onde a velocidade de absorção do íon é a metade da velocidade máxima) em resposta ao aumento na concentração local de nutrientes (SALISBURY & ROSS, 1992). Para água, a osmoregulação diminui o potencial de água na célula e mantém a fixação líquida na superfície do solo seco (KRAMER & BOYER, 1995). Quando a competição ocorre através da justaposição da zona de depleção, a plasticidade fisiológica aumenta mais a absorção dos nutrientes relativamente móveis (nitrato) do que a dos menos móveis (amônio e fosfato). Inversamente, a proliferação de raízes pode ser menos benéfica para absorção de nutrientes móveis, já que uma única raiz exaure um extenso volume de solo (JACKSON & CALDWELL, 1996; MORRIS, 1996). Como pode ser visto, há diferenças entre espécies na fisiologia da raiz, as quais podem afetar a competição. Desse modo, as diferenças na capacidade de troca de cátions pode ser fator importante na fixação de nutrientes por plantas em competição.

No caso dos nutrientes, além de aspectos morfofisiológicos, a competição radical é influenciada pelo padrão nutricional do solo. Experimentos que avaliam a competição como uma função do habitat frequentemente mostram diminuição na competição com o aumento nos níveis de recursos no solo (WILSON, 1988; RADOSEVICH *et al.*, 1997). No entanto, é questionável generalizar sobre a importância relativa da competição que se dá acima e abaixo da superfície do solo em condições de variação constante dos recursos do solo (CASPER & JACKSON, 1997); pois aumento nos níveis de recursos no solo, embora possam reduzir a competição abaixo da superfície do solo, podem intensificar as interações ocorrentes acima do solo. Assim, ervas daninhas frequentemente mostram maior impacto de competição por luz em altos do que em baixos níveis de nutrientes ou água no solo (AERTS, 1999).

A competição abaixo da superfície do solo pode, não necessariamente, diminuir com o aumento nos níveis de recursos do solo, ao menos por duas razões. Primeiro, o ciclo da cultura normalmente aumenta com os níveis de recursos no solo, e muitos estudos encontraram correlação entre a fitomassa acima do solo das plantas vizinhas e a intensidade competitiva total. Segundo, o entendi-

mento de como os níveis de nutrientes afetam o tamanho da zona de depleção conduz à predição de que a intensidade de competição algumas vezes ocorre em menores densidades de raízes, quando houve aumento nos níveis de nutrientes (CASPER & JACKSON, 1997; LAFOLIE *et al.*, 1999). Esta contradição na resposta, frente ao padrão nutricional do solo, é manifestada por AERTS (1999), para quem não há consenso sobre a importância e, mesmo sobre a intensidade da competição intraespecífica em ambientes deficientes em nutrientes. Para esse autor, a seleção de plantas nesses ambientes não se relaciona, necessariamente, como característica de alta habilidade competitiva por nutrientes.

INTERAÇÃO DA COMPETIÇÃO EM NÍVEL RADICAL E NA PARTE AÉREA

A interferência entre partes aérea e radical é usualmente interrelacionada, tanto na competição intra quanto interespecífica. Um estresse significativo na parte aérea ou nas raízes induz a respostas em toda a planta (BOZSA & OLIVER, 1993). Dessa forma, o impacto competitivo das ervas quando a disponibilidade de água é escassa pode ser menor, pois haverá diminuição no potencial produtivo da cultura (PATTERSON, 1995). Considerando que o potencial de rendimento já estaria limitado pela falta de água, a competição das ervas por outros recursos, como luz e nutrientes, terá menor efeito. Portanto, alterações na alocação dos recursos para diferentes partes da planta podem modificar o tamanho relativo da parte aérea e da raiz.

No geral, há aumento na relação raiz:parte aérea quando há redução na água e/ou nutrientes e diminuição quando a disponibilidade de luz é reduzida (BERKOWITZ, 1988). Verificou-se, em 70% de 77 casos encontrados na literatura, que a competição em nível radical teve efeito maior do que a competição ocorrente na parte aérea (WILSON, 1988). A relevância da competição radical também é comprovada pelo fato do balanço competitivo para a raiz ser mais do que o dobro daquele para a parte aérea. Entretanto, a competição da parte aérea pode ser mais importante em algumas situações, como em casos de competição entre ervas de porte mais alto e culturas (WILSON, 1988), ou onde haja condições mínimas de estresse de água e nutrientes (MARVEL *et al.*, 1992).

Resultados de pesquisas que avaliaram a habilidade competitiva da raiz e da parte aérea, em relacionamento ervas-cultura, muitas vezes mostram respostas divergentes (BOZSA & OLIVER, 1990; SATORRE & SNAYDON, 1992; STONE *et al.*, 1998). A interferência ocasionada por *Xanthium*,

ocorrente somente abaixo da superfície do solo e total (abaixo e acima da superfície do solo) causou redução intensa e quase igual, reduzindo a massa seca das folhas, caule e raízes e área foliar da soja (BOZSA & OLIVER, 1990). A competição ocorrente acima do solo não teve nenhum efeito sobre estes parâmetros. Em outra pesquisa conduzida pelos mesmos autores (BOZSA & OLIVER, 1993), a interferência da parte aérea de *Xanthium* causou 48% de redução no rendimento da soja. Aproximadamente metade da interferência de *Xanthium* com a soja foi atribuída como sendo por luz. Isto significa que a outra metade da redução no rendimento de soja pode ser atribuída aos efeitos da competição radical. Entretanto, isto não significa, necessariamente, que a interferência radical isolada, sem o efeito contributivo da interferência da parte aérea, resultaria em reduções aproximadas de 50% no rendimento. Já, a presença de *Euphorbia heterophylla* reduziu em 48, 37 e 53% o rendimento de feijão em função da competição que ocorreu por efeito de raízes, parte aérea e total, respectivamente (PREMALAL *et al.*, 1998).

Em outro trabalho, quando arroz e *Echinochloa phyllopogon* cresceram juntos, a competição radical contribuiu mais do que a competição da parte aérea na redução do crescimento de arroz (GIBSON *et al.*, 1999). Resposta semelhante foi obtida por MARTINKOVA & HONEK (1998) ao avaliarem a competição de milho com *Echinochloa crusgalli*. Em ambos os trabalhos, os autores sugerem que a competição radical representou o mecanismo primário da interferência entre as espécies de *Echinochloa* testadas. Esses resultados podem estar associados ao papel de fitohormônios como auxina no crescimento e desenvolvimento radical (DELPOZO & ESTELLE, 1999), ou mesmo em rotas de sinalização específicas. Também, nesses casos, não se pode descartar a possibilidade de liberação de aleloquímicos pelas raízes.

A competição da parte aérea interage positivamente com a radical, isto é, o efeito da competição total será maior do que a combinação matemática dos efeitos separados da competição das partes aérea e subterrânea (WILSON, 1988). A competição entre raízes e parte aérea, quando combinadas, pode resultar em efeito mais significativo do que a soma dos seus efeitos individuais (BOZSA & OLIVER, 1993). Neste contexto, a severidade da competição radical e da parte aérea obviamente dependerá das condições nas quais o estudo é conduzido e, particularmente, do suprimento relativo dos vários recursos potencialmente limitantes.

Em pesquisa conduzida por EXLEY & SNAYDON (1992), o efeito da competição radical de *Alopecurus myosuroides* foi significativamente reduzido pela aplicação de 70kg.ha⁻¹ de N, indicando que houve competição por N. A competição radical geralmente afetou o crescimento de ambos (trigo e *Alopecurus*) em maior grau do que a competição originada da parte aérea, embora a competição da parte aérea tivesse afetado mais a sobrevivência da erva do que a competição radical. O N minorou parcialmente o efeito da competição radical, mas não afetou a competição da parte aérea. Em outra pesquisa, o aumento na aplicação de N de 50 para 100kg.ha⁻¹ reduziu o efeito da competição radical em *Avena fatua* (SATORRE & SNAYDON, 1992). Esta constatação, junto com o fato de que maior aplicação de N aumentou a maioria dos atributos de ambos cereais e de *Avena fatua*, indica que o N foi fator limitante e que a competição provavelmente ocorreu por N (SATORRE & SNAYDON, 1992). Entretanto, considerando que a competição radical ainda ocorreu sob aplicação de N a 100kg.ha⁻¹, pode-se deduzir que, ou ela foi insuficiente para satisfazer a necessidade de ambas, cultura e ervas, ou houve competição por outros fatores do solo. Ao aumentar-se a aplicação de N, pode ser incrementada a competição por luz, mas nesses estudos não houve nenhuma evidência de que isso tivesse ocorrido, já que não houve interação significativa entre N e competição em nível de parte aérea.

CONCLUSÃO

Os processos vegetais e de solo que ocorrem abaixo da superfície do solo são essenciais à produtividade e à estabilidade dos ecossistemas. A presença de ervas daninhas em áreas cultivadas influencia o crescimento e o desenvolvimento das raízes da cultura, interferindo, por consequência, na utilização dos recursos do solo. Ocorrerá competição entre plantas, tanto por água quanto por nutrientes, quando houver sobreposição na zona de depleção das raízes da cultura e das ervas. A intensidade de competição entre raízes das plantas daninhas e da cultura pelos recursos existentes abaixo da superfície do solo depende do tipo e da disponibilidade dos recursos e da espécie vegetal e de sua capacidade em desenvolver sistema radical extenso, com diâmetro reduzido e área superficial ampla. Na avaliação da intensidade deste tipo de competição, devem ser desenvolvidos trabalhos que utilizem instrumentos que permitam melhor análise do crescimento e da estrutura das raízes de forma não destrutiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AERTS, R. Interspecific competition in natural plant communities: mechanisms, trade-offs and plant-soil feedbacks. **The Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.50, n.330, p.29-37, 1999. (Resumo obtido online, julho de 1999. Disponível na Internet. URL:<http://www.oup.co.uk/exbotj/hdb>)
- BERKOWITZ, A.R. Competition for resources in weed-crop mixtures. In: ALTIERI, M.A., LIEBMAN, M. **Weed management in agroecosystems: ecological approaches**. Boca Raton : CRC, 1988. p.89-119.
- BALLARÉ, C.L. Keeping up with the neighbours. Phytochrome sensing and other signalling mechanisms. **Trends in Plant Science**, London, v.4, n.2, p.97-102, 1999.
- BALLARÉ, C.L., CASAL, J.J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, Oxford, v.67, n.2, p.149-160, 2000.
- BOZSA, R.C., OLIVER, L.R. Competitive mechanisms of common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and soybean (*Glycine max*) during seedling growth. **Weed Science**, Champaign, v.38, n.4-5, p.344-350, 1990.
- BOZSA, R.C., OLIVER, L.R. Shoot and root interference of common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v.41, n.1, p.34-37, 1993.
- CASPER, B.B., JACKSON, R.B. Plant competition underground. **Annual Review Ecology and Systematic**, Palo Alto, v.28, p.545-570, 1997.
- CHAMBERS, E.E., HOLM, L.G. Phosphorus uptake as influenced by associated plants. **Weeds**, Gainesville, v.13, n.4, p.312-314, 1965.
- DELPOZO, J.C., ESTELLE, M. Function of the ubiquitin-proteasome pathway in auxin response. **Trends in Plant Science**, London, v.4, n.3, p.107-112, 1999.
- DOTRAY, P.A., YOUNG, F.L. Characterization of root and shoot development of jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*). **Weed Science**, Champaign, v.41, n.3, p.353-361, 1993.
- EXLEY, D.M., SNAYDON, R.W. Effects of nitrogen fertilizer and emergence date on root and shoot competition between wheat and blackgrass. **Weed Research**, Oxford, v.32, n.3, p.175-182, 1992.
- FITTER, A.H., HAY, R.K.M. **Environmental physiology of plants**. London : Academic, 1992. Cap.3: Mineral nutrients: p.66-120; Cap. 4: Water: p.121-183; Cap. 8: Interactions between organisms: p.301-329.
- GIBSON, K.D., FOIN, F.C., HILL, J.E. The relative importance of root and shoot competition between water-seeded rice and *Echinochloa phyllopogon*. **Weed Research**, Oxford, v.39, n.3, p.181-190, 1999.
- GREEN, J.D., MURRAY, D.S., STONE, J.F. Soil water relations of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) with cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Science**, Champaign, v.36, n.6, p.740-746, 1988.
- HOFFLAND, E., BLOEMHOF, P.A., LEFFELAAR, G.R., *et al.* Simulation of nutrient uptake by a growing root system considering increasing root density and inter-root competition. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.124, n.2, p.149-155, 1990.
- JACKSON, R.B., CALDWELL, M.M. Shading and the capture of localized soil nutrients: nutrients contents, carbohydrates, and root uptake kinetics of a perennial tussock grass. **Oecologia**, Berlin, v.91, n.4, p.457-462, 1992.
- JACKSON, R.B., CALDWELL, M.M. Integrating resource heterogeneity and plant plasticity: modelling nitrate and phosphate uptake in a patchy soil environment. **Journal of Ecology**, Oxford, v.84, n.6, p.891-903, 1996.
- KRAMER, P.J., BOYER, J.S. **Water relations of plant and soils**. London : Academic, 1995. Cap.5: Roots and root systems: p.115-165.
- LAFOLIE, F., BRUCKLER, L., OZIER-LAFONTAINE, H., *et al.* Modeling soil-root water transport and competition for single and mixed crops. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.210, n.1, p.127-143, 1999.
- LEMAIRE, G., MILLARD, P. An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants. **The Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.50, n.330, p.29-37, 1999. (Resumo obtido online, julho de 1999. Disponível na Internet. URL:<http://www.oup.co.uk/exbotj/hdb>)
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. Cap.2: Ion uptake mechanisms of individual cells and root:short-distance transport: p.06-78.
- MARTIN, M.P.L.D., FIELD, R.J. Influence of time of emergence of wild oat on competition with wheat. **Weed Research**, Oxford, v.28, n.2, p.111-116, 1988.
- MARTIN, M.P.L.D., SNAYDON, R.W. Root and shoot interactions between barley and field beans when intercropped. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.19, n.1, p.263-272, 1982.
- MARTINKOVA, Z., HONEK, A. **Competition between maize and barnyard grass (*Echinochloa crusgalli*) at different moisture regimes**. 1988. Resumo obtido online, dezembro de 1998. Disponível na Internet URL: <http://servicer.inist.fr/cgi-bin/public>.
- MARVEL, J.N., BEYROUTY, C.A., GBUR, E.E. Response of soybean growth to root and canopy competition. **Crop Science**, Madison, v.32, n.3, p.797-801, 1992.
- MONKS, D.W., OLIVER, L.R., BOZSA, R.C. Seedling growth soybeans (*Glycine max*) and selected weeds. **Weed Science**, Champaign, v.36, n.2, p.167-171, 1988.
- MORRIS, E.C. Effect of localized placement of nutrients on root competition in self-thinning populations. **Annals of Botany**, London, v.78, n.3, p.353-364, 1996.
- PATTERSON, D.T. Effects of environmental stress on weed/crop interactions. **Weed Science**, Champaign, v.43, n.3, p.483-490, 1995.
- PREMALAL, K.P.S.B., SANGAKKARA, U.R., DAMME, P.V., *et al.* Effect of root and shoot competition of two weeds on

- Phaseolus vulgaris* beans. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CROP PROTECTION, 50, 1998, Gent. **Proceedings...** Belgium : Universiteit-Gent, 1998. p.727-734.
- RADOSEVICH, S., HOLT, J., GHERSA, C. W. **Weed ecology: implications for management.** New York : John Willey, 1997. Cap.6: Physiological aspects of competition: p.217-301.
- REVILLA, P., BUTRÓN, A., MALVAR, R.A., *et al.* Relationships among kernel weight, early vigor, and growth in maize. **Crop Science**, Madison, v.39, n.3, p.654-658, 1999.
- SALISBURY, F.B., ROSS, C.W. **Fisiología vegetal.** México : Grupo Editorial Iberoamérica, 1992. Cap.5: Ascenso de la seiva: p.101-125; cap. 7: Absorción de sales minerales: p.149-175.
- SATORRE, E.H., SNAYDON, R.W. A comparison of root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua* L. **Weed Research**, Oxford, v.32, n.1, p.45-55, 1992.
- SCOTT, H.D., GEDDES, R.D. Plant water stress of soybean (*Glycine max*) and common cocklebur (*Xanthium pensylvanicum*): a comparison under field conditions. **Weed Science**, Champaign, v.27, n.3, p.285-289, 1979.
- SEIBERT, A.C., PEARCE, R.B. Growth analysis of weed and crop species with reference to seed weight. **Weed Science**, Champaign, v.41, n.1, p.52-56, 1993.
- STONE, M.J., CRALLE, H.T., CHANDLER, J.M., *et al.* Above and belowground interference of wheat (*Triticum aestivum*) by italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). **Weed Science**, Lawrence, v.46, n. 3, p.438-441, 1998.
- VOGT, K.A., VOGT, D.J., ASBJORNSEN, H., *et al.* Roots, nutrients and their relationship to spatial patterns. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.168/169, n.1, p.113-123, 1995.
- WHIGHT, S.R., JENETTE, M.W., COBLE, H.D., *et al.* Root morphology of young *Glycine max*, *Senna obtusifolia*, and *Amaranthus palmeri*. **Weed Science**, Lawrence, v.47, n.6, p.706-711, 1999.
- WILSON, B.J. Shoot competition and root competition. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.25, n.2, p.279-296, 1988.