

Alelopatia

*Rosina Simões Herrera**

- **Resumo:** Alelopatia refere-se a interações bioquímicas benéficas e prejudiciais entre todos os tipos de plantas, incluindo microrganismos.

Inúmeras espécies de culturas e daninhas tem sido citadas como alelopáticas, por causar efeito inibitório sobre o crescimento de outras espécies de plantas. Compostos químicos com potencial alelopático estão presentes em muitas plantas, em muitos órgãos, incluindo folhas, flores e frutos. Sob certas condições, esses compostos são liberados no ambiente, em quantidades suficientes para afetar as plantas vizinhas e as culturas subsequentes.

Tem sido demonstrado que no campo, esses aleloquímicos são liberados por exudação radicular de plantas vivas, ou por decomposição de resíduos de plantas. Evidências da ocorrência de alelopatia foram acumuladas na literatura por muitos anos, entretanto, são poucas as informações sobre o potencial alelopático das plantas.

Unitermos: alelopatia ; aleloquímicos ; interações

Abstract: Allelopathy refers to both harmful and beneficial biochemical interactions among all types of plants, including microorganisms. Innumerable crop and weed species have been reported to cause an inhibitory effect on the growth of other plant species, which is called allelopathy. Chemicals compounds with allelopathic potential are present in many plants and in many organs, including leaves, flowers and fruits. Under certain conditions, these compounds may be released into the environment in sufficient quantities and with enough persistence to affect a neighboring or successional plant. In field situations it has been shown that the release of allelochemicals occurred by exudation from living roots and decomposition of plant residues. Evidence for allelopathy has accumulated in the literature over many years, however, little information is available about the allelopathic potential of plants.

Keywords: allelopathy ; allelochemicals ; interactions

* Professora Assistente Doutora, do Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências, UNESP - Câmpus de Bauru/SP

Introdução

Os vegetais, como todos os seres vivos, vivem em comunidades dinâmicas, sujeitos a uma série de fatores que provocam reações entre os indivíduos. As interações que se desencadeiam nas comunidades, MULLER (1966) deu o nome de interferências. Este termo é muito amplo e engloba vários mecanismos que são diferenciados em alelospolia, alelopatia e alelomeiação. Alelospolia ou competição é a interferência causada pelos organismos que retiram do ambiente elementos vitais, como água, luz e nutrientes, reduzindo seu teor, prejudicando o desenvolvimento normal de outros. Alelopatia seria a interferência provocada pela introdução de substâncias químicas elaboradas por certos indivíduos, e que afetam outros componentes da comunidade. Alelomeiação, é a interferência indireta, em que as alterações ocorridas no ambiente físico ou biológico refletem nos seres vizinhos.

O termo alelopatia foi definido por Molish (1937), a partir das palavras gregas **allelon** (mútuo) e **pathos** (prejuízo), para englobar todas as interferências entre plantas, provocadas pela liberação de substâncias químicas por elas elaboradas, através de tecidos vivos ou mortos. Embora esta definição englobe tanto interações prejudiciais como benéficas, a palavra alelopatia passou a ser utilizada com uma conotação restrita aos efeitos prejudiciais, diretos ou indiretos de uma planta sobre outra, através da produção de compostos químicos liberados no ambiente (RICE, 1974).

Na natureza, estes mecanismos atuam concomitantemente, sendo difícil às vezes, distinguir e identificar os efeitos individuais, devido à complexidade biológica do processo. Apesar dos trabalhos de pesquisa realizados, poucos são os que de uma forma precisa os conseguem isolar, identificando a causa e o efeito de cada um, devido à diversidade das interações dentro de um ecossistema (ALMEIDA, 1988).

A alelopatia tem sido entendida como a produção de substâncias por uma planta e que tem efeitos nocivos sobre outras. Desde que haja dificuldade em distinguir competição de alelopatia, deve-se usar a palavra interferência, para expressar uma redução de crescimento, cuja causa não possa ser determinada. Desta forma, considera-se de grande importância, a investigação sobre a ocorrência de substâncias de efeito alelopático em plantas, cuja ação prejudicial sobre as culturas, quase sempre é referida em termos de competição (MULLER, 1969).

Os fitopatologistas quando empregam este termo, referem-se geralmente aos efeitos nocivos que certos produtos químicos, eliminados no ambiente por certas plantas, tem sobre outras da mesma comunidade ou sobre si mesmas. Assim, a produção de substâncias que interferem direta ou indiretamente no crescimento e desenvolvimento normal das plantas, é um caráter indispensável para considerar os vegetais invasores como alelopáticos.

O fato da alelopatia poder causar impacto na agricultura foi aparentemente reconhecido por DEMOCRITUS e THEOPHRASTUS nos séculos V e III a.C., respectivamente. LEE & MONSI (1963), relataram a existência de um documento japonês de autoria de Banzan Kumazawa, escrito há cerca de 300 anos, no qual constata a presença de alelopatia em plantas de *Pinus densiflora*.

O efeito de substâncias secundárias tóxicas já foi referido em 1832 por De Candolle, que iniciou as pesquisas nessa área, e elaborou a teoria de que o cansaço das terras poderia ser devido ao acúmulo de produtos químicos, produzidos e excretados pelas raízes de culturas anteriores, e não à falta de nutrientes.

A primeira demonstração científica da alelopatia foi realizada no início deste século por SCHREINER & SULLIVAN (1969), que demonstraram ser a redução no desenvolvimento de feijão miúdo (*Vigna unguiculata*), atribuída a presença de compostos químicos no ambiente, e não à competição.

A ocorrência da alelopatia é muito importante na interação planta-planta, na formação da vegetação dominante, como também na produtividade vegetal.

O mecanismo de produção dos compostos alelopáticos pelos vegetais, não é bem conhecido; alguns autores alegam tratar-se de resíduos do metabolismo celular, armazenados nos vacúolos, onde estariam em maior quantidade, a fim de evitar sua autotoxicidade, ou simplesmente, substâncias de reserva, de que a célula se serviria quando necessário (ALMEIDA, 1988). Porém, esta teoria já está ultrapassada, e, segundo SWAIN (1977), os compostos secundários são elaborados pela célula com finalidade específica, sendo que sua síntese segue as leis da genética.

Fontes de substâncias alelopáticas

Todas as partes da planta, ou seja, raízes, caules, folhas, flores, frutos e sementes mostraram através de bioensaios conter aleloquímicos, em quantidade e composição variando de acordo com a espécie (PUTNAM, 1985). Segundo estudos de MOREIRA (1979), estes compostos se concentram mais nas folhas, seguidas do caule, flores e raízes.

Natureza das substâncias alelopáticas

Para compreender melhor a alelopatia, é indispensável o conhecimento da natureza química dos compostos envolvidos, e com esse objetivo, muitos pesquisadores tem se dedicado ao estudo do mecanismo alelopático, visando isolar e identificar tais compostos.

Conhece-se atualmente, cerca de 10.000 produtos secundários, e supõe-se que esse número ultrapasse a centena de milhar. Foram propostas diversas classificações para enquadrar esses compostos alelopáticos em grupos químicos, que, segundo PUTNAM (1985), são agrupados em: gases tóxicos, ácidos orgânicos e aldeídos, ácidos aromáticos, lactonas simples insaturadas, terpenóis e esteróides, quinonas flavonóides, taninos, alcalóides, coumarinas e diversos, cujas características são dadas a seguir:

Gases tóxicos: Os tecidos de muitas plantas contém altas concentrações de glicosídeos cianogênicos, que por hidrólise, podem liberar HCN, que inibe a germinação de sementes e o crescimento radicular de diversas plantas. Verificou-se que a amônia inibe a germinação e é tóxica para as plântulas de algumas espécies. O etileno, produzido nos frutos e outros tecidos, atua na germinação de sementes e no crescimento de plantas. Algumas espécies de regiões desérticas liberam produtos químicos voláteis que impedem o desenvolvimento de outras plantas ao seu redor.

Ácidos orgânicos e aldeídos: Os sucos de frutos contêm ácidos málico e cítrico, que inibem a germinação de sementes. O sorgo contém ácido tricarbóxico responsável pela toxicidade dos seus resíduos sobre culturas subsequentes. Resíduos vegetais no solo quando decompostos anaerobicamente, formam ácidos simples alifáticos, que inibem a germinação de sementes. Suspeita-se que os ácidos alifáticos, ou derivados, por modificações na sua estrutura, tenham características herbicidas.

Ácidos aromáticos: Muitos ácidos aromáticos, aldeídos e fenóis, tais como derivados do ácido cinâmico e benzóico, isolados em resíduos vegetais e no solo circunvizinho às raízes, demonstraram propriedades alelopáticas, sendo considerados toxinas do solo.

Lactonas simples insaturadas: As mais conhecidas são o ácido parasórbico, comum em frutos, que impede a germinação de sementes do mentruz (*Lepidium sp.*) e a patulina, produzida por fungos presentes no solo.

Coumarinas: A esculina e o psoraleno são fortes inibidores da germinação, encontrados frequentemente nos grãos de legumes e cereais. Algumas espécies de aveia exudam escopoletina fluorescente e outros compostos, com ação alelopática. Sementes e frutos de diversas espécies contêm psoraleno, que inibe a germinação de alface, mesmo a baixas concentrações.

Quinonas: Apenas a juglona foi identificada como tóxica para plantas, sendo encontrada nas folhas, frutos e casca da noqueira (*Juglans nigra*), impedindo que debaixo da copa e na área onde se desenvolvem as raízes cresçam outras espécies. Alguns autores atribuem às quinonas, formadas pela oxidação de produtos fenólicos, a resistência de algumas plantas a patógenos.

Flavonóides: Embora sejam frequentes em vegetais superiores, poucos demonstraram ter efeito alelopático. A florizina, presente nas raízes da macieira, é inibidora do crescimento das plântulas da própria espécie, e alguns dos seus derivados são tóxicos para outras.

Taninos: Dos taninos hidrolisáveis, os mais comuns são os ésteres do ácido gálico, enquanto os outros são misturas de diversos ácidos fenólicos. Atuam como inibidores da germinação de sementes, do crescimento de plantas e também de bactérias fixadoras de nitrogênio e das nitrificantes do solo. Quanto aos taninos condensados, sua ação é pouco conhecida.

Alcalóides: Os mais conhecidos são a cocaína, fisostigmina, cafeína, quinina, quinconina, quinconidina, estriquinina, berberina e codeína, sendo potentes inibidores da germinação de sementes, particularmente, do tabaco, café e cacau.

Terpenóides e esteróides: A maioria dos óleos essenciais das plantas são monoterpenóides, e demonstraram grande potencialidade inibitória. Diversas espécies de *Salvia*, *Eucalyptus* e *Artemisia* elaboram produtos voláteis tóxicos como canfeno, dipenteno, alfa-pineno e beta-pineno, que inibem o desenvolvimento de outras plantas. Alguns fungos produzem terpenóides que podem ser responsáveis pela destruição de tecidos e de provocarem lesões em plantas superiores. Quanto aos esteróides, sua ação fitotóxica não está identificada.

Diversos: Existem outros compostos alelopáticos conhecidos, como os ácidos graxos de cadeia longa, alcoóis, polipeptídios e nucleosídeos. Porém, muitos outros envolvidos na alelopatia, ainda não foram identificados.

Liberação de compostos alelopáticos no ambiente

As principais formas de liberação de liberação, pelas plantas são: volatilização, exudação radicular e lixiviação.

A volatilização é comum nas plantas aromáticas, como o mentrasto (*Ageratum conyzoides*), planta daninha que possui cheiro característico, como também a losna-do-campo (*Ambrosia elatior*), losna-brava (*Artemisia verlotorum*) e eucalipto (*Eucalyptus spp.*). O fato de uma planta ser aromática não significa que seus produtos sejam alelopáticos.

Alguns produtos químicos exudados pelas raízes das plantas são alelopáticos, sendo que a quantidade e a natureza química dos exudatos diferem com a espécie e idade da planta, temperatura, intensidade luminosa, disponibilidade de nutrientes, atividade microbiana da rizosfera e composição do solo em que se encontram as raízes.

Muitas substâncias químicas podem ser removidas das plantas vivas ou mortas, através da água da chuva, orvalho ou neblina. Os lixiviados contêm substâncias orgânicas e inorgânicas que podem ser tóxicas, como alcalóides, terpenóides, ácidos orgânicos e fenólicos, como podem ser inócuas ou estimulantes, como é o caso dos aminoácidos, açúcares, substâncias pecticas, fitormônios e vitaminas.

Mecanismo de ação dos compostos alelopáticos

Muitos pesquisadores tem se dedicado ao estudo da ação dos aleloquímicos nas plantas, mas o processo ainda não está esclarecido. Sabe-se que as funções são semelhantes as dos herbicidas, afetando mais de uma função e com efeitos colaterais difíceis de distinguir dos principais. Os processos mais afetados são:

a) Assimilação de nutrientes: Os ácidos fenólicos reduzem a absorção de macro e micronutrientes em diversas espécies.

b) Crescimento: Substâncias alelopáticas podem afetar os hormônios responsáveis pelo crescimento (GA e AIA). Como exemplo, temos a ação das giberelinas em plântulas de ervilha inibida por taninos, e o ácido monohidróxibenzóico, que estimula a produção de AIA-oxidase, inativando o AIA, enquanto o ácido fenílico a inibe.

c) Fotossíntese: Algumas substâncias alelopáticas, como ácidos fenólicos, coumarinas, polifenóis e flavonóides, afetam o transporte de elétrons e a fosforilação nos cloroplastos, semelhante a forma de atuação dos herbicidas inibidores da fotossíntese.

d) Respiração: Alguns aleloquímicos inibem a respiração, como a juglona, que reduz em 90% a respiração das raízes do milho, enquanto outras aceleram a respiração devido a presença de substâncias do grupo das lactonas.

e) Permeabilidade da membrana: A permeabilidade iônica da membrana do plasmalema é alterada por diversos aleloquímicos, como por exemplo, o ácido salicílico que provoca perdas consideráveis de K^+ do plasmalema e tonoplasto das células.

f) Síntese proteica: Os ácidos fenílicos e as coumarinas impedem a incorporação de carbono nas proteínas de sementes e embriões de rosas, e as quinonas, nas algas.

g) Atividade enzimática: Alguns aleloquímicos inibem a atividade enzimática, como exemplo, os taninos que impedem a ação da peroxidase, catalase, celulase, amilase e outras enzimas, em certas espécies vegetais.

Aplicação da alelopatia

Uma vez que os aleloquímicos são comuns nos vegetais e tóxicos para plantas, mas de ação seletiva, é possível obter-se a partir deles, produtos com características herbicidas. Muitas pesquisas tem sido feitas nesse sentido, mas há muitas dificuldades no desenvolvimento de técnicas de extração, conservação e formulação dos compostos alelopáticos para serem utilizados como herbicidas naturais. É possível também explorar o efeitos dos aleloquímicos sobre a preservação, dormência e germinação de sementes, com a produção de compostos que aplicados na lavoura podem provocar a quebra de dormência das sementes e consequentemente a emergência das ervas, facilitando o seu controle, com a redução de reservas de sementes no solo.

A alelopatia está sendo usada com êxito na agricultura, na prática denominada cobertura morta, em que os resíduos das culturas são deixados sobre o terreno. A ação física do material vegetal sobre a temperatura e umidade do solo fornece um ambiente favorável ao desenvolvimento de microrganismos, mas, pelo menor contato dos resíduos com o solo, a decomposição processa-se lentamente, com ação prolongada dos aleloquímicos sobre as ervas, reduzindo a infestação nesses terrenos.

Nos ecossistemas agrícolas, a ocorrência da alelopatia é muito importante na determinação da interferência entre cultura e comunidade infestante, podendo-se avaliar os potenciais alelopáticos destas, para uma possível utilização em controle biológico vegetal x vegetal, restringindo impactos ambientais habitualmente observados durante o emprego de herbicidas ou similares.

Bibliografia:

- ALMEIDA, F. S. *A alelopatia e as plantas*. Cir. IAPAR: Londrina, 1988. 60 p.
- HERRERA, R.S. *Efeitos alelopáticos de Emilia sonchifolia D.C., Galinsoga parviflora Cav., Richardia brasiliensis Gomez e Digitaria sanguinalis L. sobre a germinação de milho (Zea mays L.), feijão (Phaseolus vulgaris L.) e pepino (Cucumis sativus L.)*. Botucatu, 1993. 195p. Tese. (Mestrado), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista. Júlio de Mesquita Filho..
- LEE, I. K., MONSI, M. Ecological studies on *Pinus densiflora* Forest. I- Effects of plant substances on the floristic composition of the undergrowth. Bot. Mag., v.76, p. 400 - 413, 1963.
- MOREIRA, I. *Implicações da alelopatia na agricultura*. Lisboa. Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais, 1979, 31p.

- MULLER, C. H. Soil toxicity induced by terpenes of *Salvia leucophylla* Greene. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, v. 93, p.130 - 137, 1966.
- MULLER, C. H. Allelopathy as a factor in ecological process. *Vegetatio*, Dordrecht, v. 18, p. 348 - 357, 1969.
- PUTNAM, A. R. Weed allelopathy. In: DUKE, S. O. *Weed Physiology*, 1a. ed. Florida : CRC Press, 1985. p. 131 - 155.
- RICE, E. L. *Allelopathy*. New York: Academic Press, 1974, 353p.
- SCHREINER , O. , SULIVAN, M.X. Soil fatigue caused by organic compounds. *Journal of Biological Chemistry*, v.6, p. 39 - 50, 1969.
- SWAIN, R. Secondary compounds as protective agents. *Annu. Rev. Plant. Physiol.* , Palo Alto, v.28, p. 279 - 501, 1977.