

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Alelopatia

Princípios Básicos e Aspectos Gerais

Editores Técnicos

Antônio Pedro da Silva Souza Filho
Sérgio de Mello Alves

Belém, PA
2002

Capítulo 5

Mecanismo de Liberação e Comportamento de Aleloquímicos no Ambiente

Antonio Pedro da Silva Souza Filho, Sérgio Mello Alves

Mecanismos de Liberação

Volatilização

A volatilização é um processo comum nas plantas aromáticas, embora nem todas as plantas aromáticas estejam envolvidas em mecanismo de alelopatia. Dadykin et al. (1970) encontraram acetaldeído, aldeído propiônico, acetona, metanol, etanol e outras substâncias não identificadas na secreção volátil das folhas de beterraba, tomate, batata-doce e raízes de cenoura. O aldeído propiônico teve o maior efeito de redução na atividade do crescimento das espécies testadas.

Petrova (1977), citado por Rice (1984), descobriu que substâncias voláteis, do ápice de plantas da soja, ervilha e feijão (*Phaseolus* sp.) reduzem a absorção do ^{32}P por plantas. A combinação das substâncias voláteis, entretanto, originadas do ápice e das raízes da mesma cultura estimulou a absorção do fósforo.

Menzies & Gilbert (1967) relatam a liberação de substâncias voláteis da alfafa, folhas de cereais, palhas de trigo, folhas de *Thea sinensis* e folhas de tabaco. Segundo ainda esses autores, o vapor de extratos de água destilada de vários resíduos

de plantas têm efeitos sobre o crescimento de fungos e marcadamente aumentam o número de bactérias e a taxa de respiração de microorganismos, no solo.

Muller et al. (1964) mencionam que *Salvia leucophylla*, *S. mellifera* e *S. apiina* produzem inibidores voláteis com capacidade de inibir outras plantas superiores. Em outro estudos, Muller & Muller (1964) identificaram seis terpenos nas folhas da *Salvia*. Posteriormente, Muller (1965) identificou nestas espécies dois terpenos com potencial inibitório: cânfora e cineol.

Hallingan (1975), estudando a espécie *Artemisia californica* identificou cinco terpenos principais e três secundários nas folhas dessa espécie. Cânfora e 1,8- cineol foram as mais tóxicas das substâncias identificadas. Muitos desses terpenos voláteis estavam, também, presentes no solo e no liter, e em áreas adjacentes do estande da *Artemisia*.

Os terpenos voláteis, os quais são adsorvidos ao solo, permanecem em estado ativo e então migram da superfície das partículas do solo para o sítio de inibição dentro das plantas. Sob esse aspecto, Muller & Del Moral (1966) mostram que: 1) os terpenos estão misturados no ar, a uma taxa máxima, durante os períodos de altas temperaturas e são adsorvidos em maiores quantidades, a esse tempo, pelo solo, visto que o período das mais altas temperaturas correspondem ao período de solos mais secos; 2) os terpenos são mantidos no solo até a fase inicial do crescimento seguinte; 3) os terpenos são transportados dentro das células por meio dos fosfolipídios no plasmodermata.

Os lipídios (terpenóides, glicerídios, fosfolipídios, ácidos graxos) das plantas normalmente mostram pouca solubilidade em água. Desta maneira, o transporte desses compostos na água da chuva, da superfície das plantas para o solo, tem sido considerado pouco provável. Entretanto, a presença

de uma variedade de monoterpenos na planta levanta a questão de como esses compostos poderiam funcionar como alelotoxinas. Na forma pura, muitos monoterpenos são voláteis à temperatura ambiente, e segundo Muller et al. (1964), tais compostos simplesmente volatilizam da superfície das folhas e flutuam no solo onde são adsorvidos pelas partículas do solo, sementes ou plântulas.

Exsudação radicular

Os exsudados radiculares são substâncias sintetizadas nas plantas e liberadas para o solo pelas raízes vivas das plantas. Esse termo tem sido usado para descrever todas as substâncias orgânicas exsudadas pelas raízes, por qualquer mecanismo. O papel dos exsudados radiculares sobre a interação planta-planta e planta-microorganismo não está ainda entendida em toda a sua extensão. No entanto, existem evidências indicando que os exsudados das plantas podem inibir ou estimular o crescimento de outras plantas e dos microorganismos (Rice, 1974).

O sistema radicular das plantas tem uma superfície extremamente larga e atividade metabólica para realizar funções como absorção de água e nutrientes. Além disso, quantidades substanciais de matéria orgânica são liberadas pelas raízes. Tang (1986) resumiu os dados de vários autores e observou que a taxa de exsudação das raízes de cereais de regiões temperadas varia entre 50 e 150 mg/g de peso seco de raízes/dia. Na verdade, constantemente, as plantas enriquecem o solo com consideráveis proporções de seus produtos fotossintéticos. Os metabólitos secundários, embora representem uma pequena fração do total dos exsudados orgânicos, podem exercer grandes impactos sobre os organismos da rizosfera das plantas vizinhas.

Vários têm sido os esforços realizados pela pesquisa para avaliar os exsudados das raízes como fonte de aleloquímicos. No entanto, as informações disponíveis são limitadas, em especial com relação à quantificação do aleloquímico exsudado pelas raízes (Tang, 1986). Além disso, existe a dificuldade de aferir se o agente aleloquímico encontrado no solo é um produto da exsudação radicular, uma vez que há a possibilidade do composto ser oriundo da decomposição de resíduos existentes no solo ou então, por exemplo, da lixiviação de partes vivas da planta. Winter (1961) contribuiu decisivamente para o conhecimento concernente à exsudação e à absorção de aleloquímicos pelas plantas. Ele observou que as plantas de trigo e de feijão crescidas em solução contendo 200 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de hidroquinona absorvem essa substância, sintetizam seus glicosídeos, arbutin, e exsudam o arbutin de volta na solução do solo.

As raízes do sorgo são conhecidas por exsudar material que exhibe atividade alelopática. Netzly & Butler (1986), analisando os exsudados das raízes do sorgo, encontraram que os exsudados hidrofílicos incluíam fenóis, proteínas e derivados da 3-deoxiantocianidina, enquanto gotículas hidrofóbicas exsudadas dos pêlos radiculares eram fenóis e lipídios. Rice (1984) identificou os seguintes inibidores, como sendo exsudados das raízes do sorgo: ácidos *p*-cumáricos, *m*-hidroxibenzóico e protocatequico.

Segundo Einhellig (1985), a quantidade e a natureza química dos exsudados diferem em função da espécie e da idade da planta, temperatura, intensidade luminosa, disponibilidade de nutrientes, atividade microbiana da rizosfera e composição do solo em que se encontram as raízes. Einhellig (1986) mostra que a maioria dos aleloquímicos exsudados pelas raízes são compostos fenólicos.

Lixiviação

A lixiviação é entendida como a remoção de substâncias químicas de plantas vivas ou mortas, via ação das chuvas, orvalho e neblina. Steinsiek et al. (1982) testaram os lixiviados de palha de trigo como umidificantes em bioensaios de germinação de sementes de *Ipomoea hederacea*, *Abutilon Theophrastis*, *Sesbania exaltata*, *Senna obtusifolia* e *Echinichloa crusgalii*. Em todas as plantas receptoras, a germinação das sementes foi inibida, em diferentes intensidades.

As sementes de muitas espécies também contêm compostos fitotóxicos, os quais podem ser liberados via lixiviação, e, assim, inibir a germinação de sementes e o crescimento de outras plantas em suas imediações. Os resultados obtidos por Cope (1982) com lixiviados de sementes de *Festuca arundinacea*, *Lolium multiflorum*, *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*, *Medicago sativa*, *Trifolium repens* e *Coronilla varia* por 24 horas, confirma essa expectativa. Almeida (1988) relaciona em seu trabalho as seguintes condicionantes que afetam a quantidade de lixiviados liberados: espécie, composição e idade do tecido vegetal e condições climáticas.

Kochhar et al. (1980) mostram que o lixiviado de folhas de *Festuca elatior* tem potencial para inibir o crescimento e reduzir a nodulação do trevo branco. Winter (1961) demonstrou que várias substâncias alelopáticas lixiviadas de resíduos de plantas para o solo foram absorvidas por plantas de trigo, as quais não produzem quaisquer das substâncias envolvidas. Arbutin é um aleloquímico produzido por *Arctostaphylos uva ursi.*, e quando os resíduos dessa planta são adicionados ao solo no qual o trigo foi cultivado, arbutin foi subsequenteiramente encontrado no solo e nas raízes de plantas de trigo.

Del Moral & Muller (1970) encontraram dez inibidores fenólicos em lixiviados de liter de *Encalyotus camaldulensis*, sendo identificados os ácidos caféico, clorogênico, p-cumárico,

ferúlico e gálico. Em estudos envolvendo lixiviados do liter de *E. baxteri* foram identificados os ácidos gentísico, gálico, sinápico, caféico e alagia, vários fenólicos agliconas não identificados, numerosos glicosídeos e terpenóides (Del Moral et al. 1978).

Oleszek et al. (1992) mostram que quando raízes de alfafa são incorporadas ao solo como fino pó, a liberação de saponinas é imediata. Nas condições do solo, essa liberação pode ser de longa duração, dependendo das condições ambientais, disponibilidade de água, temperatura, aeração e atividade dos microorganismos. No entanto, os efeitos inibitórios não são de longa duração. As saponinas liberadas são imediatamente atacadas pelos microorganismos do solo, e a solução do solo torna-se completamente livre de inibitórios, rapidamente. A taxa de decomposição da saponina está fortemente dependente da estrutura do solo, e isso pode ser atribuído ao número de microorganismos presentes

Decomposição de resíduos

Eventualmente, os constituintes químicos dos organismos são liberados para o ambiente através do processo de decomposição, cujos produtos são freqüentemente adicionados ao solo. Nesse processo, está envolvido a participação dos microorganismos presentes no solo, os quais agem sobre os polímeros presentes nos tecidos, levando à liberação de compostos tóxicos.

Chou & Lin (1976) desenvolveram uma série de estudos envolvendo a mistura de palha com raízes de arroz. A mistura foi saturada com água destilada e colocada para decomposição por períodos de tempo de 1, 2 e 4 semanas, sob condições de casa de vegetação. O solo, isoladamente foi tratado da mesma maneira, sendo considerado o tratamento testemunha. Os extratos preparados a partir do material em decomposição

mostraram significativa inibição, havendo, também, efeitos inibidores para o material decomposto durante 4 semanas. No entanto, os efeitos tóxicos decresceram gradualmente com o aumento do tempo de decomposição.

Analisando os efeitos da temperatura sobre a produção de fitotoxinas em uma mistura de palha de arroz e solo, Chou et al. (1981) observaram que a fitotoxicidade foi mais alta no intervalo de 20 °C a 25 °C e decresceu em condições onde as temperaturas foram superiores ou inferiores a este intervalo. O decréscimo da fitotoxicidade no solo, em função do tempo de incubação, foi mais notável à temperatura acima de 30 °C. Isso mostra que em tais temperaturas a decomposição da palha de arroz, no solo, é estimulada, porém a fitotoxicidade resultante foi de menor duração.

Putnam & Weston (1986) sumariaram vários resultados de pesquisa, os quais indicaram que os aleloquímicos originários da decomposição de resíduos são primariamente ácidos orgânicos, incluindo os ácidos propiônico, butírico e pentanóico. Também podem ainda ser encontrados, em função da decomposição dos resíduos, outros ácidos orgânicos e ainda aldeídos, alcoóis e compostos fenólicos

Os efeitos da idade dos resíduos de cereais e do local no solo, sobre o crescimento de cereais foram analisados por Yagle & Cruse (1983). Eles observaram que os resíduos frescos reduziram o peso das raízes e dos brotos em maior intensidade do que os resíduos dos cereais que passaram por um processo de decomposição. Os efeitos foram mais notáveis quando as raízes estavam em contato com os resíduos. Garcia & Anderson (1984) demonstraram que os resíduos de cereais variam em seus efeitos alelopáticos, em função da estação de crescimento dos cereais. Em abril, agosto e setembro, os solos apresentavam inibidores para o crescimento, enquanto em junho e julho os efeitos observados eram estimulatórios.

Rice (1984) e, posteriormente, Einhellig et al. (1985) apresentam em seus trabalhos evidências que mostram que as ações inibitórias ou estimulatórias sobre o crescimento de uma planta, por um aleloquímico originário de resíduos de cultivos, depende de fatores como a idade do resíduo, o estágio de decomposição, a concentração da substância química e da planta doadora dos resíduos. Ballestes (1972) estimou que a decomposição dos resíduos de vegetais contribui para o principal efeito de substâncias alelopáticas e o conhecimento das condições bióticas e abióticas do ambiente é de especial importância. Segundo Lovett & Houlst (1995), os compostos biologicamente ativos podem ser lixiviados diretamente dos resíduos das culturas, liberados durante o processo de decomposição ou sintetizados pelos microorganismos que utilizam os resíduos como fonte de nutrientes. A produção, acumulação, transformação e decomposição dessas substâncias químicas são influenciadas por um grande número de fatores ambientais, incluindo a temperatura, o pH, a disponibilidade de oxigênio e a umidade.

Patrick (1971) reportou que as toxinas resultantes da decomposição dos resíduos do arroz incluíam ácidos acético, butírico, benzóico, fenilacético, hidroxâmico, 4-fenilbutírico e o ferúlico. Cinco adicionais substâncias, as quais não foram identificadas, não aparentavam ser ácidos graxos. Posteriormente, Chou & Patrick (1976) identificaram os ácidos vanílicos, ferúlicos, fenilacético, 4-fenilbutírico, p-cumárico, p-hidroxibenzóico, salicílico e *o*-cumárico, em resíduos de arroz.

Guenzi et al. (1967) investigaram as mudanças na atividade fitotóxica de extratos aquosos de resíduos de milho, trigo, aveia e sorgo durante a decomposição no campo, por um período de 41 semanas. As mudanças na toxicidade dos extratos dos resíduos variaram consideravelmente em função do tipo de resíduo. A toxicidade do extrato da palha de trigo permaneceu a mesma por quatro semanas de decomposição, tendo desapareci-

do a toxicidade em torno da oitava semana. A maior toxicidade do extrato do resíduo da palha de aveia ocorreu à época do corte, e essencialmente toda a atividade inibidora desapareceu após a oitava semana de decomposição, à semelhança do trigo. A toxicidade dos extrato dos resíduos do sorgo aumentou a partir da sexta semana de decomposição. A toxicidade do extrato do resíduo de milho permaneceu alta durante 22 semanas de decomposição, porém decresceu rapidamente depois disso.

Patrick & Koch (1958) investigaram os efeitos de diferentes condições de decomposição de resíduos de diferentes cereais sobre a respiração de plântulas de tabaco. Os resultados indicaram que as substâncias que promoveram inibições na respiração das plântulas de tabaco foram formadas durante a decomposição dos resíduos. As maiores inibições ocorreram quando a decomposição teve lugar em condições de solo saturado. Eles concluíram que diferentes toxinas foram produzidas ou que a concentração foi maior sob condições saturadas. Outra possibilidade poderia ser que a toxina produzida foi destruída rapidamente sob condições aeróbicas. Trabalho subsequente desenvolvido pelos autores indicaram que o tempo requerido para a formação das substâncias tóxicas foi marcadamente afetado pelo estágio de maturação dos resíduos. Quando os resíduos de plantas jovens foram adicionados, as substâncias tóxicas foram produzidas e inativadas relativamente cedo. Para resíduos de plantas maduras, um longo período de decomposição foi requerido para a formação das substâncias tóxicas, porém a toxicidade permaneceu alta por um longo período.

Patrick et al. (1963) demonstraram que os produtos tóxicos da decomposição de resíduos de plantas são produzidos sob certas condições de campo. Aparentemente, as toxinas não se movem para longe do local de produção, e parece que a extensão dos danos produzidas sobre a planta depende da frequência de encontro do sistema radicular com os fragmentos dos resíduos das plantas.

Liberação de Aleloquímicos sob Condições de Estresse

Conforme abordado anteriormente, geralmente a concentração dos metabólitos secundários das plantas tende a aumentar nos tecidos de plantas submetidas a condições de estresse. Entretanto, as evidências encontradas na literatura não esclarecem se este aumento corresponde a um equivalente aumento na liberação dessas substâncias para o ambiente. Embora seja uma questão importante em alelopatia, as informações disponíveis são extremamente limitadas quando se considera a liberação de aleloquímicos de plantas vivas em condições de estresse. Entretanto, reconhece-se que há um aumento na liberação de açúcares, lipídios e ácidos orgânicos de raízes de plântulas de pinus crescidas sob condições de estresse hídrico (Reid, 1974).

Tang et al. (1995) revisaram a liberação de aleloquímicos por plantas submetidas a condições de estresse. Eles encontraram que as informações disponíveis são bastante limitadas. No entanto, as informações indicam uma tendência de aumento na liberação de agentes alelopáticos por plantas submetidas a condições de estresses, como aqueles relacionados à deficiência de nutrientes.

Comportamento dos aleloquímicos no ambiente

Uma vez liberadas para o ambiente, por qualquer das formas anteriormente descritas, as substâncias alelopáticas estão sujeitas à ação de um conjunto de diferentes fatores, os quais, em última instância, determinarão o destino e influenciarão no seu potencial como agente alelopático. Fatores relacionados ao clima, como a umidade e a temperatura, e outros relacionados a fatores de solo podem ter papel importante, promovendo modificações

nos agentes alelopáticos e nos impactos que estas podem promover ao ambiente (Bhowmik & Doll, 1983; Einhellig & Eckrih, 1984). Fatores relacionados à natureza dos aleloquímicos produzidos, à natureza da produção de organismos e da planta afetada também exercem influência no comportamento dos aleloquímicos no solo e no transporte desses do local de produção até o sítio de ação (Cheng, 1992).

Diferentes pesquisadores têm mencionado que algumas substâncias alelopáticas perdem imediatamente sua toxicidade após sua liberação para o solo, enquanto outras têm seu poder de toxicidade aumentada pelas transformações que sofrem pela ação dos microorganismos do solo. Os aleloquímicos podem ser decompostos por processos químicos, físicos e microbianos. Katase (1981) demonstrou em seu estudo que a luz ultravioleta tem a capacidade de inativar várias substâncias fenólicas, entre elas os ácidos cumárico e ferúlico. Os resultados dos estudos de Hess et al. (1992) indicaram que o sorgoleone, uma hidroquinona ativa, é oxidada a uma forma inativa. Fungos tais como *Gloesphyllum*, *Chaetomium* e *Prensia* e bactérias como as *Pseudomonas* são capazes de degradar várias substâncias aromáticas. Entretanto, efeitos inversos podem ser obtidos, como exemplo, a hidrojoglona é oxidada à juglona, uma quinona potente que é inibitória para algumas espécies na concentração de 10^{-6} M (Rietved, 1983).

Entretanto, outras substâncias, como os alcalóides podem permanecer inalterados no solo após longo período de tempo, graças à considerável atividade antimicrobiana que possuem, o que, naturalmente, dependerá das condições ambientais (Einhellig, 1986). Segundo ainda este autor, em condições de solo com drenagem deficiente, há maior capacidade de prolongar a permanência das substâncias aleloquímicas no solo, em face da menor atividade microbiana verificada em tais condições, em relação aos solos bem drenados. Já o processo de degradação da

matéria orgânica pode propiciar condições ambientais altamente favoráveis ao crescimento de microorganismos, os quais podem não só produzir novos aleloquímicos como também substâncias mais tóxicas.

Dionello & Bastra (1982) mostram que os efeitos das substâncias inibidoras parece ser mais pronunciado em solos arenosos do que naqueles ricos em matéria orgânica, uma vez que a inativação e destruição das toxinas é mais lenta em solos pobres. Com base nesses aspectos, é de se esperar maiores influências alelopáticas em solos arenosos do que em solos ricos em microorganismos.

Como mencionado anteriormente, a natureza do aleloquímico tem papel importante no seu comportamento no ambiente. A solubilidade pode afetar a mobilidade na água do solo, a pressão de vapor afeta a volatilização no ar e a estrutura afeta a afinidade com a superfície do solo e a degradabilidade pelos microorganismos. Tais propriedades como conteúdo de matérias orgânica e mineral, distribuição do tamanho da partícula, pH, características de troca iônica e local de oxidação desempenham papel importante no comportamento de um agente alelopático no solo.

Os mecanismos e processos envolvidos no transporte de um aleloquímico do sítio de produção a uma determinada planta-alvo, além dos aspectos já mencionados, estão sujeitos a dois outros fatores: transformação (biótica e abiótica) e retenção. O processo de transporte do agente alelopático é o resultado líquido envolvendo esses dois processos (Fig. 1).

Estritamente falando, o processo de retenção implica na atração de uma substância química para a superfície do solo, levando a uma restrição da mobilidade da substância no solo. É um processo físico, e um número de forças intermoleculares podem estar envolvido.

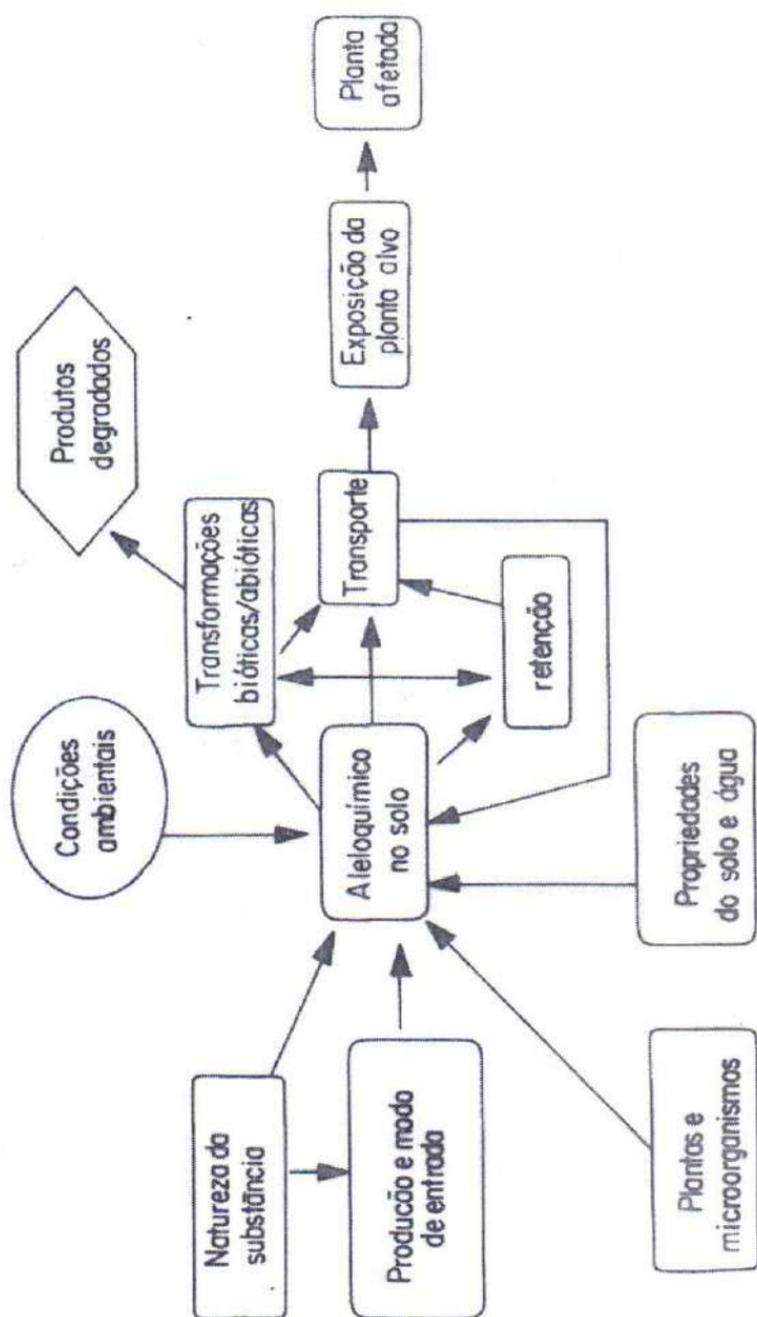


Fig. 1. Mecanismos e processos envolvidos no transporte de um aleloquímico do lugar de produção até à planta-alvo.

Fonte: Cheng (1992).

O processo de transformação pode envolver meios químicos, bioquímicos e fotoquímicos, com resultado líquido na redução da quantidade original de aleloquímicos disponíveis para o transporte. O termo transformação é freqüentemente usado como sinônimo de degradação. Considerando que a degradação implica na quebra da substância originalmente produzida para componentes mais simples, com conseqüente perda de toxicidade, já a transformação é usada no senso amplo, implicando em mudanças na estrutura química da molécula original. É possível que o produto transformado possa ser mais tóxico ou mais complexo na estrutura como também mais simples na estrutura e menos tóxico (Cheng, 1992).

O transporte do aleloquímico no ambiente do solo dependerá de como os processos competem e todos os fatores interagem em um lugar específico. O transporte pode ser tanto através do ar, como vapor, ou em solução do solo. Uma substância pode mover-se por meios de fluxo de massa do ar ou da água ou ainda por difusão (Cheng, 1992).

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F.S. *Alelopatia e as plantas*. Londrina: IAPAR. 1988. 60p.
- BALLESTER, A. Alelopatia: interacción química entre espécies vegetales. *Acta Científica Compostelana*, v.9, p.145-181, 1972.
- BHOWMIK, P.C.; DOLL, J.D. Growth analysis of corn and soybean response to allelopathic effects of weed residues at various temperature and photosynthetic photon flux densities. *Journal of Chemical Ecology*, v.9, p.1263-1280, 1983.

- CHENG, H.H. A conceptual framework for assising allelochemicals in the soil enviromental. In: RIZVI, S.J.H.; RIZVI, V. (Ed.). **Allelopathy**. New York: Chapman & Hall, 1992. p.21-29.
- CHOU, C.H.; CHIANG, Y.C.; CHENG, H.H. Autointoxication mechanism of *Oryza sativa*. III-Effect of temperature on phytotoxin production during rice straw decomposition in soil. **Journal of Chemical Ecology**, v.17, p.741-752, 1981.
- CHOU, C.H.; LIN, H.J. Autointoxication mechanism of *Oryza sativa*. I-Phytotoxic effects of decomposing rice residues in soil. **Journal of Chemical Ecology**, v.2, p.353-367, 1976.
- CHOU, C.H.; PATRICK, Z.A. Identification and phytotoxic activity of compounds produced during decomposition of corn and rye residue in soil. **Journal of Chemical Ecology**, v.2, p.369-387, 1976.
- COPE, W.A. Inhibition of germination and seedling growth of eight forage species by leachates from seeds. **Crop Science**, v.22, p.1109-1111, 1982.
- DADYKIN, V.P.; STEPANOV, L.N.; RYZHKOVA, B.E. On the importance of volatile plant secretion under the development of closed systems. In: GRODZINKA, A.M. (Ed.). **Physiological biochemical basis of plant interaction in phytocenoses**. Kiev: Naukova Dunka, 1970. p.118-124.
- DEL MORAL, R.; MULLER, C.H. The allelopathic effects of *Eucalyptus camaldulensis*. **Americam Midland Naturalist**, v.83, p.254-282, 1970.
- DEL MORAL, R.; WILLIS, R.J.; ASHTON, D.H. Suppression of coastal health vegetation by *Eucalypto baxteri*. **Australian Journal of Botany**, v.26, p.203-219, 1978.

DIONELLO, S.B.; BASTRA, F. Estudos ecológicos sobre o efeito inibitório da germinação de sementes produzidas por *Echinolaena inflexa* (Poir) Chase. **Eyton**, v.42, p.33-43, 1982.

EINHELLIG, F. A. Allelopathy: a natural protection, allelochemicals. In: MANDAVA, N.B. (Ed.). **Handbook of natural pesticides: methods**. Boca Raton: CRC Press. 1985. p.161-200.

EINHELLIG, F.A. Mechanismo and mode of action of allelochemicals. In: PUTNAM, A.R.; TANG, C.S. (Ed.). **The science of allelopathy**. New York: J. Wiley, 1986. p.171-188.

EINHELLIG, F.A.; ECKRICH, P.C. Interactions of temperature and ferulic acid stress on grain sorghum and soybeans. **Journal of Chemical Ecology**, v.10, n.1, p.161-170, 1984.

EINHELLIG, F.A.; LEATHER, G.R.; HOBBS, L.L. Use of *Lemma minor* L. as a bioassay in allelopathy. **Journal of Chemical Ecology**, v.11, p.65-72, 1985.

GARCIA, A.G.; ANDERSON, I.C. Monthly variation in allelopathic effects of corn residue on croo seedling growth under three tillage pratices. **Phillipine Journal Cropy Science**, v.9, p.61-64, 1984.

GUENZI, W.D.; McCALLA, T.M.; NORSTADT, F.A. Presence and persistence of phytotoxic substances in wheat, oat, corn, and sorghum rersidues. **Agronomy Journal** , v.59, p.163-165, 1967.

HALLINGAN, J.P. Toxic terpenes from *Artemisis californica*. **Ecology**, v.56, p.999-1003, 1975.

HESS, D.E.; EJETA, G.; BUTLER, L.G. Selecting sorghum genotypes expressing a quantitative biosynthetic trait confer resistance to *Striga*. **Phytochemistry**, v.31, p.493-497, 1992.

- KATASE, T. Distribution of different forms of p-hydroxybenzoic, vanillic, p-coumaric and ferulic acids in forest soils. **Soil Science Plant Nutrition**, v.27, p.365-371, 1981.
- KOCHHAR, M.; BLUM, V.; REINERT, R.A. Effects of O₃ and (or) fescue on ladino clover: interactions. **Canadian Journal of Botany**, v.58, p.241-249, 1980.
- LOVETT, J.V.; HOULT, H.C. Allelopathy and self-defense in barley. In: DĀRSHIN, K.M.M.; EINHELLIG, F.A. **Allelopathy: organisms, processes and application**. Washington: American Chemical Society. 1995. p.170-183 (ACS. Symposium Series, 582).
- MENZIES, J.D.; GILBERT, R.G. Response of soil microflora to volatile components in plant residues. **Soil Science American Proceedings**, v.31, p.495-496, 1967.
- MULLER, C.H. Inhibitory terpenes volatilized from *Salvia* Shrubs. **Bulletin of Torrey Botanical Club**, v.92, p.38-45, 1965.
- MULLER, C.H.; DEL MORAL, R. Soil toxicity induced by terpenes from *Salvia leucophylla*. **Bulletin of Torrey Botanical Club**, v.93, p.130-137, 1966.
- MULLER, C.H.; MULLER, W.H.; HAINES, B.L. Volatile growth inhibitors produced by shrubs. **Science**, v.143, p.471-473, 1964.
- MULLER, W.H.; MULLER, C.H. Volatile growth inhibitors produced by *Salvia* species. **Bulletin of Torrey Botanical Club**, v.91, p.327-330, 1964.
- NETZLY, D.H.; BUTLER, L.G. Roots of Sorghum exude hydrophobic droplets containing biologically active components. **Crop Science**, v.26, p.775-778, 1986.

OLESZEK, W.; JURZYSTA, M.; GÓRKI, P.M. Alfafa saponins – The allelopathic agents. In: RIZVI, S.J.H.; RIZVI, V. (Ed.). **Allelopathy**. New York: Chapman & Hall. 1992. p.151-167.

PATRICK, Z.A. Phytotoxic substances associated with the decomposition in soil of plant residues. **Soil Science**, v.111, p.13-18, 1971.

PATRICK, Z.A.; KOCH, L.W. Inhibition of respiration, germination, and growth by substance arising during the decomposition of certain plant residues in soil. **Canadian Journal of Botany**, v.36, p.621-647, 1958.

PATRICK, Z.A.; TOUSSOUNT, T.A.; SNYDER, W.C. Phytotoxic substances in arable soil associated with decomposition of plant residues. **Phytopathology**, v.53, p.152-161, 1963.

PUTNAM, A.R.; WESTON, L.A. Adverse impacts of allelopathy in agricultural systems. In: PUTNAM, A.R.; TANG, C.H. (Ed.). **The science of allelopathy**. New York: J. Wiley, 1986. p.43-55.

REID, C.P.P. Assimilation, distribution, and root exudation of ^{14}C by ponderosa pine seedlings under induced water stress. **Plant Physiology**, v.54, p.44-49, 1974.

RICE, E.L. **Allelopathy**. New York: Academic Press. 1974. 353p.

RICE, E.L. **Allelopathy**. New York: Academic Press. 1984. 422p.

RIETVELD, W.J. Allelopathic effects of juglone on germination and growth of several herbaceous and woody species. **Journal of Chemical Ecology**, v.29, p.295-308, 1983.

STEINSIEK, J.W.; OLIVER, L.; COLLINS, F.C. Allelopathic potential of wheat (*Triticum aestivum*) straw on selected weed species. **Weed Science**, v.30, p.495-497, 1982.

TANG, C.S. Continuous trapping techniques for the study of allelochemicals from higher plants. In: PUTNAM, A.R.; TANG, C.S. (Ed.). **The science of allelopathy**. New York: J. Wiley, 1986. p.113-131.

TANG, C.S.; CAI, W.F.; KOHL, K.; NISHIMOTO, R.K. Plant stress and allelopathy. In: DAKSHINI, K.M.M.; EINRELLIG, F.A. **Allelopathy: organisms, processes and application**. Washington: American Chemical Society, 1995. p.142-157. (ACS. Symposium Series, 582).

WINTER, A.G. New physiological and biological aspects in the interrelationship between higher plants. **Symposium on Society of Experimental Biology**, v.15, p.229-244, 1961.

YAKLE, G.A.; CRUSE, R.M. Corn plant residue age and placement effects on early corn growth. **Canadian Journal of Plant Science**, v.63, p.817-877, 1983.