



RECURSO SOLO

PROPRIEDADES E USOS

Ramom Rachide Nunes

Maria Olímpia de Oliveira Rezende

editora  cubo

RECURSO SOLO

PROPRIEDADES E USOS

Ramom Rachide Nunes

Maria Olímpia de Oliveira Rezende

Universidade de São Paulo
Instituto de Química de São Carlos
Departamento de Química e Física Molecular

São Carlos, SP

© 2015

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.
Todos os direitos desta edição são reservados aos Autores.

Recurso solo : propriedades e usos / Ramom Rachide Nunes
e Maria Olímpia Oliveira Rezende (organizadores). - 1.
ed. . - São Carlos : Editora Cubo, 2015.

E-BOOK

EPUB

ISBN 978-85-60064-65-6

1. Solos. I. Nunes, Ramom Rachide, org. II. Rezende,
Maria Olímpia Oliveira, org.



Capítulo 23

Biodefensivos: Alternativa aos Herbicidas

Antonio Pedro da Silva Souza Filho

1. INTRODUÇÃO

O uso de produtos químicos na agricultura - aí incluídos tantos os estimulantes de crescimento como os defensivos agrícolas - tem possibilitado a garantia no atendimento das demandas sociais por alimentos. Pressionada, por um lado, pelo crescimento populacional, e, por outro, pelas melhorias das condições financeiras da população, especialmente em países de terceiro mundo, a produção agrícola precisa se renovar sistematicamente para crescer e atender as demandas cada vez maiores. Basicamente, a agricultura possui duas vias para atender a essa demanda, uma é adicionar novas áreas de florestas nativas aos sistemas produtivos, o que se choca com os interesses da sociedade, e a outra é aumentar a produtividade daquelas áreas em uso. É tendo esse segundo viés como base que a

agricultura nos países tropicais cresceu, atingiu os atuais níveis de produtividade e é grande aliado na geração de emprego e renda para a população do campo.

Conquanto as condições ambientais predominantes nos trópicos sejam extremamente favoráveis à produção de alimento, são, também, propícias à proliferação de pragas e doenças que limitam o desempenho da atividade agrícola, reduzem a produtividade e a lucratividade. Em tais condições, o uso de produtos químicos é indispensável para manejar e controlar essas pragas, embora se saiba das implicações de ordem social que essa prática desperte. O crescimento da atividade agrícola nos trópicos, de forma geral, e no Brasil, especialmente, tem sido acompanhando pelo aumento do uso de defensivos agrícolas, sendo que do total de produtos aplicados anualmente na agricultura, 51% é representado pelos herbicidas, o que aponta para as plantas daninhas como sério problema nesse contexto.

Embora se reconheça a dependência do atual modelo de agricultura em uso nas regiões tropicais em relação aos defensivos agrícolas, cresce a demanda social por alimentos compatíveis com as exigências da sociedade - livres de estimulantes de crescimento e de defensivos agrícolas. Tais exigências impõem, à comunidade científica, novos paradigmas de exploração da agricultura que ao mesmo tempo que respeite a preservação dos recursos naturais garanta a oferta de alimentos de qualidade, sem resíduos de produtos químicos. Nesse contexto, as substâncias químicas produzidas por plantas, fungos, bactérias e algas podem representar alternativa promissora para a produção de novos e renovadores produtos para uso no manejo de plantas daninhas, que ao mesmo tempo em sejam eficientes para controle dessas plantas, sejam agentes mitigadores de insatisfações sociais.

2. OS BIOERBICIDAS E OS HERBICIDAS SINTÉTICOS

As plantas daninhas se constituem no principal problema de ordem bio-econômico a impor limitações ao desempenho da agricultura nos trópicos. O controle dessas plantas é de fundamental importância para o sucesso da atividade. Basicamente, o uso de herbicidas é o principal e mais eficiente método de controle das plantas daninhas. Entretanto, nos últimos anos têm-se observado redução na eficiência dos herbicidas, devido, principalmente ao aparecimento de número crescente de plantas resistentes a esses produtos. No Brasil, são vários os relatos sobre o aparecimento de plantas resistentes aos herbicidas (Christoffoleti et al., 2001; Vidal, 1997). Esse fator associado às dificuldades de desenvolvimento de novos herbicidas pela química tradicional indica que novas estratégias de manejo e controle das plantas daninhas devem emergir (Niemeyer & Perez, 1995). Uma das alternativas que atendam aos

requisitos de exigências impostadas pela sociedade e pelo setor produtivo é o uso de produtos naturais preparados a partir de substâncias químicas obtidas de plantas e microrganismos. Compostos químicos produzidos por plantas e microrganismos são reconhecidos por afetarem processos metabólicos e fisiológicos de plantas, podendo substituir, claramente os atuais produtos disponíveis no mercado.

Análises comparativas entre os herbicidas tradicionais e aqueles originários de substâncias químicas naturais, produzidos tanto por plantas como fungos, bactérias ou mesmo algas, mostram que o tempo de permanência dos produtos naturais é menor e sua toxicidade é também menor. As informações disponíveis na literatura mostram que os bioherbicidas produzidos a partir de substâncias químicas de plantas ou fungos são mais sistêmicos e mais facilmente biodegradáveis do que aqueles sintéticos (Rizvi et al., 1980). As toxinas produzidas naturalmente compartilham adicional característica que pode ser benéfica para a humanidade e para o ambiente; como suas biossínteses são comandadas enzimaticamente via metabolismo, sua suscetibilidade à decomposição microbiana é geralmente alta (Cutler, 1988). Logo, os produtos naturais não representam riscos para a rotação de cultura ou mesmo para a acumulação no solo ou água; para a vida silvestre e para o homem.

Análise comparativa entre moléculas naturais e aquelas sintéticas ativas, mostra que o produto natural geralmente tem maior peso molecular e maior complexidade estrutural do que as sintéticas e átomos “pesados” e halogênicos raramente estão presentes nos produtos naturais; por outro lado, os produtos naturais têm maior proporção de oxigênio e nitrogênio, que a maioria dos compostos sintéticos (Duke et al., 2000).

Na guerra para controlar as plantas daninhas a determinação de novos sítios moleculares de ação de herbicidas é de grande importância, especialmente porque podem oferecer a oportunidade de combater/controlar espécies de plantas que manifestam resistência ou tolerância aos atuais produtos disponíveis no mercado. Esse aspecto assume papel relevante quando se sabe que os herbicidas comerciais têm limitado número de sítios moleculares de ação, embora haja considerável número de produtos disponíveis. Berg et al. (1999) estimam que exista aproximadamente 3.000 sítios-alvos para ação dos herbicidas. Duke & Abbas (1995) relacionam vários sítios moleculares de ação de muitas toxinas, para quais ainda não existem herbicidas comerciais com atuação, evidenciando todo o potencial dessas moléculas para a efetivação de novos produtos para uso eficiente no controle de plantas daninhas, incluindo aquelas resistentes aos atuais produtos.

Nos últimos anos alguns países como Alemanha, Suíça, Japão e Estados Unidos lançaram e passaram a comercializar herbicidas tendo por base moléculas químicas produzidas por plantas e microrganismos. No Brasil, esse

fato ainda não se consolidou, mas as pesquisas se intensificaram nas últimas décadas, os laboratórios das Universidades e Centros de pesquisas se equiparam para fazer frente aos novos desafios, e espera-se para um futuro breve o lançamento de bioerbicidas brasileiros.

3. POTENCIAL DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS PRODUZIDAS POR PLANTAS COMO BIOERBICIDAS

Ao longo do processo de obtenção de alternativas ao uso dos defensivos agrícolas na agricultura, as plantas se mostraram grandes aliadas nessa trajetória. Diferentes famílias de plantas têm servido de base para fornecimento de moléculas químicas com potencial de uso como herbicida, entre elas se destaca àquelas da família Leguminosae (Souza Filho, 2008). Um sem-número de compostos químicos foram isolados e identificados, em diferentes laboratórios, em todo o mundo. O Brasil não ficou imune a esse processo e nos últimos anos vários grupos de pesquisa se formaram e projetos foram conduzidos, em universidades e institutos de pesquisa espalhados pelo país. Não obstante todo esse esforço, os avanços não foram os esperados, especialmente quando se considera aqueles verificados para outras fontes como é o caso dos fungos. A seguir são apresentados alguns resultados que mostram todo o esforço desprendido.

Uma das primeiras e mais potente fitotoxinas produzida por plantas é o 1,8-cineol. Estudos de laboratório e de campo mostram que essa substância tem potencial para inibir o crescimento de várias espécies de plantas daninhas. Modificações na estrutura do 1,8-cineol levou à Cimetilina, um herbicida desenvolvido nos Estados Unidos. A molécula contém apenas átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio. Esse produto possui potencial para controlar eficientemente muitas gramíneas anuais e algumas invasoras de folhas largas como pré-emergente, entretanto, face à sua alta volatilidade, seu uso efetivo como herbicida impôs barreiras à sua comercialização (Duke & Abbas, 1995). Aparentemente, o sítio molecular de ação de Cimetilina é a asparagina sintase (Romagni et al., 2000b).

Canifeno, uma toxina relativamente fraca, quando polialogenada produz uma mistura de feromônios chamada de toxafeno, o qual foi comercializado tanto como inseticida como herbicida. Entretanto, o produto foi removido do mercado por problemas de toxicidade.

Hiosciamina é um alcaloide apontado como de grande potencial para controle de plantas daninhas. Sob condições de laboratório, a sua fitotoxicidade persiste de 5 a 8 meses, dependendo do tipo de solo. Entretanto tem

revelado problemas de toxicidade para algumas plantas cultivadas, como são os casos do girassol e vários cereais, o que comprometeu seu uso como herbicida (Lovetti et al., 1981).

As benzoxazinonas são complexos hidroxamatos, os quais ocorrem em plantas na forma de glicosídeos. BOA e DIBOA são os dois compostos mais ativos representantes desse complexo. Ambos mostram potenciais como herbicida pós-emergente, podendo controlar várias espécies de plantas daninhas (Barnes & Putnam, 1987). Benzacin é um herbicida comercializado na Alemanha, com potencial para controlar várias espécies de plantas daninhas, cujo princípio ativo é o ácido Hidroxâmico, um benzoxazinonas (Alves, 1992).

4. POTENCIAL DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS PRODUZIDAS POR FUNGOS COMO HERBICIDAS

Os fungos apresentam ampla gama de diversidade de ações nas plantas. Alguns desses convivem normalmente com as plantas, sem causarem danos, são os chamados fungos endofíticos. Outros fungos são promotores de doenças de grande importância para a atividade agrícola, são os chamados fungos patogênicos. Entre os fungos patogênicos merece destaque aqueles produtores de toxinas. Essas toxinas podem ser de duas naturezas, específicas e não específicas. Às específicas são aqueles que agem apenas nas plantas para as quais o fungo tem especificidade, enquanto as não específicas são aqueles que possuem atividades biológicas para ampla diversidade de espécies de plantas. Para a produção de bioherbicidas com possibilidades de uso tanto no controle de espécies de folha larga como de folhas estreitas, as toxinas não específicas representam maiores possibilidades, pois favorecem o controle de número maior de espécies de plantas daninha. Entretanto para determinada espécie, que sozinha representa grande importância econômica, as toxinas específicas podem representar excelente oportunidade para o manejo da espécie.

A seguir são apresentados alguns grupos de moléculas produzidas por fungos, com potencial para a produção de bioherbicidas:

- Nigerazinas: são produzidas por *Aspergillus niger*. Apresentam variação na estrutura, podendo ser tanto simples como complexa. Duas variantes foram encontradas: nigerazina A e nigerazina B (Iwamoto et al., 1983 e 1985).

- Citreoviridina: é um metabólito que evidencia atividade herbicida seletiva e potente. Foi isolado de diferentes espécies de *Penicillium*, incluindo *P. charlessi* (Cole et al., 1981).
- Eremofilanas: são sesquiterpenos bicíclicos. A primeira Eremofilana com propriedades herbicidas foi isolada do fungo *Bipolaris cinodontis*, com potencial de controle de *Cynodon dactylon*, uma espécie de folha estreita. Duas Eremofilanas já foram identificadas: bipolaroxina e sua análoga reduzida, o diidrobipolaroxina. Bipolaroxina é uma potente toxina capaz de promover lesões em espécies de folhas estreitas à concentração de $30 \mu\text{M}$, enquanto a $0,7 \mu\text{M}$ produz sintomas detectáveis em espécies de folhas estreitas como *Avena fátua* e *Saccharum officinarum*, já diidrobipolaroxina tem se mostrado ativa (Sugawara et al, 1985; Kenfield et al., 1988).
- Ofiobolininas: trata-se de um grupo de terpenos reconhecidos por ser tóxicos para as plantas. Três espécies de *Drechslera* são reconhecidas por produzirem um contingente de ophiobolininas: quais são *D. maydis*; *D. sorgbicolor* e *D. oryzae*. Acima de 20 análogos biogênicos são conhecidos, sendo os mais importantes ophiobolina A e C e ophiobolina I. A compatibilidade genética entre as três espécies poderia fazer desses fungos, excelente fonte de toxinas para avaliações subsequentes com vista à produção de bioherbicidas com potencial de controle de espécies de plantas daninhas de folhas estreitas (Kenfield et al., 1988).
- Curvulinas: é um policetídeo cíclico produzido por numerosos fungos. Foi isolada de *D. indica*, um patógeno comum em *Portulaca oleracea* (L.) e *Amaranthus spinosus*. Na concentração nanomolar, curvulina foi seletiva para *P. oleracea* e *A. spinosus*. Uma dúzia de análogos de curvulina é conhecida como sendo produzida por vários fungos, oferecendo amplas possibilidades para desenvolver estruturas ativas com esse cetídeo. Também curvulina é facilmente sintetizada por métodos orgânicos, o que torna possível a manipulação de sua estrutura (Kenfiel et al., 1988; Dhar et al., 1982).
- Triticonas: são novas toxinas contendo uma rara porção constituída de gama-lactana expirocíclica. Essas substâncias são encontradas em *D. tritici-repentis*, as quais causam manchas marrons claras em plantas de trigo e *Curvularia clavata*. Triticonas também são produzidas por outras espécies de fungos, que causam doenças em sementes de monocotiledôneas. Das oito Triticonas conhecidas, apenas as A e B – as quais contêm ligações duplas exocíclicas adjacentes às cetonas, são tóxicas. (Strobel et al., 1991). Triticona A causa necrose em diferentes espécies de plantas. Em plantas de trigo, mata o

protoplasma e inibe a atividade da esterase e a fixação do CO₂. Dentre as espécies de plantas daninhas que são sensíveis, encontra-se *Chemopodium álbum*, *Amaranthus retroflexus* e *Taraxacum officinale*.

- Cladosporina: foi originalmente isolada do *Cladospodium cladosporioides*, *Aspergillus flavus*, *Eurotium spp.* e *Aspergillus repens* (Springer et al., 1981; Grove, 1972; Anke et al., 1978). A molécula se destaca por apresentar dois grupos funcionais disponíveis para derivações ou sínteses futuras: os grupos hidroxil no C6 e C8.

- Resorciclídeos: foram, originalmente, descobertos como produto de uma espécie não identificada de *Penicillium*. Dois isômeros, cis e trans, foram identificados. O isômero cis é relativamente inativo; contudo o trans-resorciclídeo é citotóxico e exibe propriedades inibitórias do crescimento de raízes de espécies de folhas largas de plantas na fase juvenil, em concentração tão baixa quanto 1,0 ppm.. O isômero trans promove, ainda, necroses em espécies de folhas estreitas, em concentração de 0,06 µg/folha, e de folhas largas, a 2,0 µg/folha, mostrando claramente maior potencial, como herbicida, para espécies de folhas estreitas, sem, no entanto, desconsiderar o mercado promissor para controle de espécie de folhas largas (Strobel et al., 1991).

- Parienequinonas: o mercado para os bioerbicidas para uso direto na agricultura é amplo e promissor, mas também há mercado para aqueles produtos que possam controlar as invasoras aquáticas. Uma dessas invasoras que tem sido problema na América do Norte, Austrália, Caribe e Ilhas do Pacífico é a *Eichornia crassipes*, que se notabiliza pela rápida proliferação, obstruindo as vias marítimas, dificultando a navegação. *Alternaria eichorniae* é um patógeno que ataca essa invasora, promovendo lesões que levam a planta à morte. Esse patógeno produz a alteiquina, uma toxina que uma vez aplicada sobre a invasora reproduz os mesmos efeitos do patógeno. Não foram encontradas informações se se trata de toxina específica ou não específica. Outro organismo, *Stenphylium botysum* var. *Lactucum*, que causa manchas nas folhas de alface, também produz toxinas relacionadas à alteiquina, como as estenfiltoxinas I, II, III, IV e o estenfiperíleno (Arnone et al., 1986), todas com grandes potenciais para a produção de bioerbicidas.

5. POTENCIAL DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS PRODUZIDAS POR BACTÉRIAS COMO HERBICIDAS

As bactérias se constituem em outro importante grupo de fornecedores de compostos químicos com potencial para a produção de bioherbicidas. Ao contrário dos fungos, as bactérias saprófitas produzem toxina do tipo não específica, ou seja, podem controlar muitas espécies de plantas, tanto de folhas largas como de folhas estreitas. Por exemplo, herbicidina, produzida por *Streptomyces saganonensis*, quando aplicada em dosagens de 30 a 300 ppm, inibiu muitas plantas anuais e perenes, tanto mono como dicotiledôneas (Cutler, 1988). Entretanto alguma especificidade pode ser encontrada, como são os casos da blasticidina e do 5-hidroxilmel-blasticidina, produzidos por *Streptomyces* sp. (não-patogênico), que aplicados em forma de spray foliar à 100mg/m², foram mais tóxicos para espécies dicotiledôneas do que para mono. Quando aplicados no solo, esses compostos promoveram inibições da ordem de 98% e 64%, respectivamente (Scacchi et al., 1992).

6. POTENCIAL DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS PRODUZIDAS POR ALGAS COMO HERBICIDAS

As algas podem representar fonte privilegiada de inovadoras moléculas químicas para uso em estratégia de manejo de plantas daninhas, especialmente em ambientes aquáticos. São mais de 5.000 espécies de algas, das quais aproximadamente 2% são produtoras de toxinas (Granéli & Turner, 2006). Ao longo do tempo, os estudos sobre algas ficaram restritos àquelas marinhas, com poucas informações disponíveis sobre as algas de rios. Harder (1917) foi o primeiro a observar as potencialidades das algas como fonte de moléculas químicas com potencial de uso como bioherbicidas. Posteriormente, Akehurst (1931) relatou que as toxinas produzidas pelas algas estavam envolvidas em mecanismos de interferências. Inderjit & Dakishini (1994) indicaram que as toxinas produzidas pelas algas podiam afetar as plantas superiores. Mais recentemente, foram reportados que as toxinas produzidas pelas algas podem afetar o conteúdo das clorofilas, a capacidade fotossintética das plantas, transporte de elétrons e fotossistema II (Pflugamacher, 2004; Pietsch et al., 2001; Gleason & Paulson, 1984). Estudos desenvolvidos com toxinas extraídas da alga marinha *Plocamium brasiliense* revelaram potencial da toxina em inibir a germinação de sementes e o crescimento de duas plantas daninhas de folhas largas, comuns em áreas de pastagens cultivadas (Fonseca et al., 2012). Prévios estudos envolvendo a identificação de compostos químicos em algas marinhas mostram a presença de monoterpenos (Vasconcelos et al., 2010), composto químico envolvido em atividades herbicida. Em si, essas informações demonstram o potencial que as toxinas das algas representam como herbicida natural.

As informações abordando as possibilidades de uso de compostos químicos produzidos por algas marinhas e de rios ainda são extremamente limitados, não tendo sido encontrados estudos mais avançados. Entretanto, o fato de as algas poderem ser cultivadas em ambientes controlados se constitui em importante característica, pois possibilita a obtenção de grandes quantidades em espaço bastante reduzido, além do que com o controle do ambiente, pode-se controlar a produção do metabólito desejado, o que possibilita a obtenção de volumes desejados.

LITERATURA RECOMENDADA

AKEHURST, S.C. Observation on pond life with special reference to the possible causation of swarming of phytoplankton. *R. Microsc. Soc. J.*, v.51, p.237-265, 1931.

ALVES, P.L.C.A. Interações alelopáticas entre plantas daninhas e hortaliças. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS EM HORTALIÇAS. 1992. Botucatu. Anais...Botucatu: UNESP, 1992. p.19-43.

ANKE, H.; ZAEHNER, H.; KOENIG, W.A. Metabolic products of microorganisms: 170. On the antibiotic activity of cladosporin. *Archives of Microbiology*, v.116, p.253-258, 1978.

ARONE, A.; NASINI, G.; MERLINI, L.; ASSANTE, G. Secondary mould metabolites from Stemphylium botrysum, new reduced perylenequinone metabolites from *Stemphylium botrysum* var. *Lactucum*. *Journal Chemical Society Perkin Transactions*, v.1, p.525-530, 1986.

BARNES, J.P.; PUTNAM, A.R. Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereal L.*). *Journal of Chemical Ecology*, v.3, p.889-906, 1987

BERG, D.; TIETJEN, K.; WOLLWEBER, D.; HAIN, R. From gene to targets impact of functional genomics on herbicide discovery. *Proceedings of Brighton Conference weed*, v.2, p.491-500, 1999.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; KEHDI, C.A.; CORTEZ, M.G. Manejo de planta daninha *Brachiaria plataginea* resistente aos herbicidas da ACCase. *Planta Daninha*, v.19, n.1, p.66-73, 2001.

COLE, R.J.J.W.; DORNER, R.H.; HILL, R.A.; CUTLER, H.G.; WELLS, H.J. Isolation of citreovirin from *Penicillium charlessi* cultures and molded decan fragments. *Applied Environmental Microbiology*, v.42, p.677-681, 1981.

CUTLER, H.G. Perspectives on discovery of microbial phytotoxins with herbicidal activity. *Weed Technology*, v.2, p. 525-532, 1988.

DHAR, T.K.; SIDDIQUI, K.; ALI, E. Structure of phascolione, a novel phytotoxin From *Macrophomina phaseolina*. *Tetrahedron Letters*, v.23, p.5459-5462, 1982.

DUKE, S.O.; ABBAS, H.K. Natural products with potential use as herbicides. In: INDERJIT: DAKSHINI, K.M.M. (Eds.). Washington: American Chemical Society, 1995. p.384-362.

DUKE, S.O.; ROMAGNI, J.G.; DAYANY, F.E. Natural products as sources for new mechanism of herbicidal actions. *Crop Production*, v.19, p.583-589, 2000.

FONSECA, R.R.; ORTIZ-RAMÍRES, F.A.; CAVALCANTI, D.N.; RAMOS, C.J.B.; TEIXEIRA, V.L.; SOUZA FILHO, A.P.S. Allelopathic potential of extracts from marine macroalga *Plocamium brasiliense* and their effects on pasture weed. *Brazilian Journal os Pharmacognosy*, v.22, n.4, p.850-853, 2012.

GLEASON, ,F.K.; PAULSON, J.L. Site of action of the natural algicide, cyanobacterin, in the blue-alga, *Synechococcus* sp. *Archives of Microbiology*, v.138, p.273-277. 1984. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00402134>.

GRANÉLI, E.; TURNER, J.T. An introduction to harmful algae. In: GRANÉLI, E.; TURNER, J.T. (Eds.). *Ecology of harmful algae*. Berlim: Springer Verlag, p.37, 2006.

GROVE, J.E. New metabolic products of *Aspergillus flavus*. Part I. Asperentin, its methyl ethers and 5'-hydroxyasperentin. *Journal Chemical Society Perkin Transaction*, v.1, p.2400-2406, 1972

HARDER, R.H. Ernahrungsphysiologische untersuchungen an cyanophycean, haptischlich dem endophytischen *Nostoc punctiforme*. *Zeitschrijt Fuer Botanik*, v.9, p.154-242, 1917.

INDERJIT; DAKSHINI, K.M.M. Alga allelopathy. Botanical Review, v.60, n.2, p.182-196, 1994.

IWAMOTO, T.; HIROTA, A.; SHIMA, S.; SAKAI, H.; ISOGAI, A. Nigerazine A, an isomer of nigerazina B from Aspergillus niger. Agriculture Biology Chemistry, v.49, p.3323-3325, 1985.

IWAMOTO, T.; SHIMA, S.; HIROTA, A.; ISOGAI, A.; SAKA, H. Nigerazine B, a new metabolite from Aspergillus niger, screening isolation and chemical and biological proprieties. Agriculture Biology Chemistry, v.47, p.739-743, 1983.

KIENFIELD, D.; BUNKERS, G.; STROBEL, G.A.; SUGAWARA, F. Potential new herbicides-phytotoxins from plant phatogens. Weed Technology, v.2, n.4, p.519-524, 1988.

LOVETTI, J.V.; LEVITT, J.; DUFFIELD, A.M.; SMITH, N.G. Allelopathic potential of *Datura stramonium* (thornapples). Weed Research, v.21, p.165-170, 1981.

NIEMEYER, H.M.; PEREZ, E.J. Potential of hydroxamic acids in the controlo f cereal pest, diseases and weeds. In: DAKSHINI, K.M.M.; EINHELLIG, F.A.. (Eds.). Allelopathy: organisms, processes and applications. Washington: American Chemical Society, 1995. p.260-270.

PIETSCH, C.; WIEGAND, C.; AME, M.V.; NICHLISCH, A.; WUNDERLIN, D.; PFLUGMACHER, S. The effects of a cyanobacterial crude extract on different aquatic organism: evidence for cyanobacterial toxin modulating factors. Environ. Toxicol., v.16, p.535-542, 2001.

PFLUGMACHER, S. Promotion of oxidative stress in the aquatic macrophyte *Cerato'hyllum demersum* during biotransformation of the cuanobacterial toxin microcystin-LR. Aquat. Toxicol., v.70, p.169-178, 2004.

RIZVI, S.J.H.; MUKERJI, D.; MATHEUS, S.N. New report on a possible source of natural herbicide. Indian Journal Experiential Biology, v.18, p.777-778, 1980.

ROMAGNI, A.; DUKE, S.O.; DAYAN, F.F. Inhibition of asparagine synthetase by 1,4-cineole, the key to the mode of action of cinmethylin. Plant Physiology, v.123, p.725-732, 2000.

SCACCHI, A.; BORTOLO, R.; CASSANI, G.; PIRALI, G.; NIELSEN, E. Detection, characterization and phytotoxic activity of the nucleoside antibiotics, blasticidin S and 5-hydroxymethyl-blasticidin. *Journal Plant Growth Regulator*, v.11, p.39-46, 1992.

SOUZA FILHO, A.P.S. Ecologia química: a experiência brasileira. Belém: Embrapa, 2008. 366p.

SPRINGER, J.P.; CUTLER, H.G.; CRUMLEY, F.G.; COX, R.H.; DAVIS, E.E.; THEAN, J.E. Plant growth regulatory effects and stereochemistry of cladosporium. *Journal Agriculture Food Chemistry*, v.29, p.853-855, 1981.

STROBEL, G.; KENFIELD, D.; BUNKERS, G.; SAGUWARA, E.; CLARDY, J. Phytotoxins as a potential herbicides. *Experientia*, v.47, p.819-826, 1991.

SUGAWARA, F.; STROBEL, L.E.; FISHER, G.D.; VAN DUYNE, G.; CLARDY, J. Biopolaroxin, a selective phytotoxin produced by Bipolaris cynodontis. *Proceedings National Academic Science*, v.3, p.8291-8294, 1985.

VASCONCELOS, M.A.; FERREIRA, W.J.; PEREIRA, R.C.; CAVALCANTI, D.N.; TEIXEIRA, V.L. Chemical constituents from the red alga *Plocamium brasiliense* (Grevelle) M. Howe and W.R. Taylor. *Biochem. Syst. Ecol.*, v.38, p.110-121, 2010.

VIDAL, R.A. Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas. Porto Alegre: UFRS, 1997. 165p.

Produção de Bioerbicidas: Limitações e Perspectivas

Antonio Pedro da Silva Souza Filho

Em que pese todo o esforço desprendido pela pesquisa nas últimas décadas, ao volume de recursos aplicados, ao treinamento especializado de recursos humanos e da necessidade cada vez mais premente da substituição dos atuais herbicidas sintéticos comercializados no mundo por produtos mais apropriados às exigências da sociedade como um todo, pouco se avançou nesse sentido. A distância entre uma molécula química isolada e identificada como promissora para a produção de um dado herbicida e sua efetiva comercialização como tal, embora avanços, deva se reconhecer, aconteceram, ainda é grande.

Muitas moléculas químicas após passarem por todos os protocolos de avaliação são abandonadas por diferentes motivos. Fator associado à volatilização é uma dessas causas. Aparentemente, os componentes dos óleos essenciais teriam pouco ou nenhum futuro com herbicida, embora a literatura esteja repleta de informações dando conta do seu potencial expressivo para esse fim. Um bom exemplo disso é a Cimetilina, um herbicida obtido a partir do 1,8-cineol, componente dos óleos essenciais produzidos por diferentes espécies de plantas, que foi retirado do mercado por ser excessivamente volátil.

Os custos de produção são fator crítico na decisão de se comercializar um produto natural como herbicida. Numerosos e promissores herbicidas naturais foram abandonados devido ao seu alto custo. A partir da descoberta de uma molécula química, pode-se chegar a um produto natural por dois processos diferentes: síntese e fermentação. O primeiro é oneroso e seu processo é longo. Adicionalmente, é de difícil aplicação para molécula de estrutura complexa, como são aquelas com estrutura kiral. Dependendo do número de estrutura Kiral, o tempo de síntese é tão longo que se torna inviável. O processo de fermentação ainda tem muito a ser melhorado em seu aspecto técnico, especialmente em relação à estabilidade do grupo submetido ao processo, ademais os custos, a semelhança

da síntese, é alto e se justificaria apenas em cultivos onde o valor de mercado do produto obtido fosse bem elevado, como é o caso do cultivo de arroz no Japão ou da cana-de-açúcar, no Brasil.

Pode-se, ainda, aventar a possibilidade de síntese utilizando-se fungos endofíticos, em meios de culturas específicos. Esse processo pode ser proveitoso para potencializar substâncias químicas com atividade de baixa à média intensidade, partindo-se de moléculas menos complexas na sua estrutura e de baixa atividade como herbicida. A utilização de fungos endofíticos para tal finalidade ainda estar na fase juvenil de seu desenvolvimento, mas parece promissor quando se consideram os resultados obtidos. Problemas relacionados aos componentes do meio de cultura e à especificidade entre fungos endofíticos versus meio de cultura ainda precisam ser refinados em sua metodologia. Outros aspectos relativos às condições ambientais (temperatura, luminosidade e umidade) precisam ser melhor analisados para que o processo ganhe fôlego e possa manifestar todo seu potencial como forma de se obter um herbicida natural.