

SOLÖAMINO

ARTIGO DE REVISÃO CIENTÍFICA E MONOGRAFIA TÉCNICA

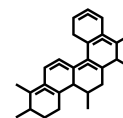
Mecanismos bioquímicos e microbiológicos do SOLÖAMINO®:

Uma abordagem multifatorial para a indução da supressão do solo e o controle biológico de nematóides parasitas de plantas (*Meloidogyne* spp.)

Resumo:

O controle de nematoides parasitas de plantas (principalmente do gênero *Meloidogyne* spp.) representa um dos maiores desafios agrônômicos globais devido às restrições regulatórias sobre os fumigantes químicos sintéticos tradicionais. Esta pesquisa analisa em profundidade o hidrolisado líquido de peixe SOLÖAMINO®. Este bioestimulante avançado caracteriza-se por uma elevada densidade de matéria seca, uma elevada percentagem de matéria orgânica e uma elevada concentração de aminoácidos livres. Adicionalmente, o produto é enriquecido com 2,5% de quitina em base seca e um consórcio microbiológico nativo derivado do trato digestivo da matéria-prima (peixes, moluscos e crustáceos), composto por bactérias aeróbicas e anaeróbicas, *Lactobacillus*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Mucor* e *Actinomicetos* entre outros.

Por meio de uma revisão exaustiva da literatura científica atual e dos dados quimiométricos do produto, demonstra-se



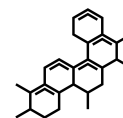
SOLÖAMINO

que SOLÖAMINO® Exerce uma ação nematicida e nematostática através de quatro mecanismos sinérgicos:

1. A liberação controlada de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis com toxicidade direta para juvenis de segundo estágio (J2).
2. A indução maciça de atividade quitinolítica exógena que degrada a parede celular dos ovos do nematóide.
3. Estimulação da imunidade vegetal através da resistência sistêmica induzida (RSI) mediada por aminoácidos específicos, como o ácido glutâmico e a glicina.
4. O estabelecimento de um microbioma da rizosfera altamente competitivo que promove a regeneração das raízes e transforma os solos de um estado condutor para um estado permanentemente supressivo.

1. Introdução e estado da arte do controle de nematoides:

Nematóides formadores de galhas (*Meloidogyne* spp.) e outros gêneros fitoparasitas (*Heterodera* spp., *Pratylenchus*.) Os fitopatógenos (espécies) causam perdas multimilionárias anualmente na agricultura intensiva e extensiva em todo o mundo. Tradicionalmente, a desinfecção do solo dependia de fumigantes altamente nocivos, como o brometo de metila, o 1,3-dicloropropeno e o metam sódico. No entanto, as regulamentações da União Europeia e as restrições globais devido ao impacto ambiental e aos riscos para a saúde humana levaram à retirada gradual dessas moléculas. Nesse contexto de transição agroecológica, há uma necessidade urgente de desenvolver matrizes biológicas complexas que não apenas reduzam as populações de fitopatógenos, mas também estimulem a resiliência intrínseca do sistema solo-planta.



SOLÖAMINO

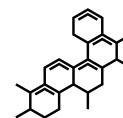
Hidrolisados de proteínas marinhas obtidos por meio de processos enzimáticos controlados emergiram como ferramentas de ponta na biotecnologia agrícola. Ao contrário de fertilizantes orgânicos brutos, um hidrolisado estabilizado fornece metabólitos facilmente assimiláveis e precursores moleculares para defesa. Este documento detalha a base científica que posiciona o SOLÖAMINO® como uma solução sistêmica para a supressão de nematóides, integrando sua composição físico-química detalhada e carga biológica especializada.

2. Caracterização quimiométrica e perfil físico-químico do SOLÖAMINO®:

A eficiência biológica do SOLÖAMINO® Está intrinsecamente ligado às suas propriedades físico-químicas estáveis:

Tabela 1: Indicadores estruturais de estabilidade e miscibilidade

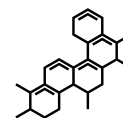
Parâmetro físico-químico	Implicações Mecânicas no Solo
Matéria seca	Alta concentração de solutos úteis; reduz os custos de transporte e garante uma carga bioprodutiva ideal.



SOLÖAMINO

Matéria orgânica	Contribuição significativa de carbono lábil para a microflora nativa do solo.
Carbono orgânico	Relação C:N equilibrada para evitar o bloqueio de nitrogênio ou a "falta de nitrogênio" na cultura.
PH	Estabilização de peptídeos; quando aplicado diluído, altera temporariamente os gradientes quimiotáticos dos nematoides.
Grau de solubilidade total	Garante total compatibilidade com sistemas de fertirrigação tecnologicamente avançados, sem entupimento dos emissores.

O pH marcadamente ácido (3,1) é uma característica fundamental para a conservação e segurança do produto, prevenindo o desenvolvimento de patógenos humanos, tais como *Salmonella spp.* *Escherichia coli* (que são relatadas como "Não detectadas" e <10 UFC/ml, respectivamente, em análises oficiais do produto). Quando incorporadas ao solo pela água de irrigação, a reação micro ácida local interage com



SOLÖAMINO

a matriz coloidal, liberando nutrientes retidos e gerando um choque osmótico transitório na película de água por onde se movem as larvas infectantes J2 dos nematoides.

3. O papel da fração de nitrogênio e do conjunto de aminoácidos livres na nematicidade:

A composição nitrogenada de SOLÖAMINO® Revela um processo avançado de hidrólise enzimática, confirmando que a grande maioria das proteínas macromolares foi degradada eficientemente em peptídeos de cadeia curta e aminoácidos livres.

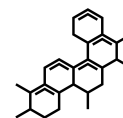
Mecanismos de nematicidade direta por mineralização de nitrogênio.

Quando SOLÖAMINO® É metabolizado por bactérias heterotróficas do solo; o nitrogênio orgânico e o nitrogênio alfa-amino sofrem processos sequenciais de aminização e amonificação. A literatura científica descreve consistentemente que a liberação microbiana de nitrogênio amoniacal (NH_4^+) e, em particular, seu equilíbrio com o gás amônia livre (NH_3) exerce uma potente ação nematicida direta. A amônia altera a permeabilidade das membranas celulares dos nematóides e interfere em seus processos enzimáticos internos, causando a vacuolização citoplasmática e a morte dos juvenis J2 na rizosfera antes que possam penetrar nas raízes.

Ação específica dos aminoácidos livres na resistência das plantas:

O perfil de aminoácidos do SOLÖAMINO® Apresenta altas concentrações de aminoácidos essenciais envolvidos nas vias metabólicas do estresse vegetal:

- Glicina e Alanina: Atuam como potentes osmoprotetores. Aliviam o estresse abiótico secundário induzido em raízes



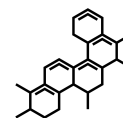
SOLÖAMINO

já danificadas e obstruídas pela alimentação de sincícios de nematóides.

- **Ácido glutâmico:** Este é o precursor metabólico fundamental para as vias de transaminação e atua como um sinal molecular na planta. Estimula a síntese de fitormônios endógenos e ativa a via do ácido chiquímico, intensificando a produção de compostos fenólicos, taninos e lignina, que reforçam mecanicamente as paredes celulares das raízes. Isso dificulta a inserção do estilete do nematoide.
- **L-Prolina:** Fundamental na desintoxicação de espécies reativas de oxigênio (ROS) acumuladas em condições de ataque por patógenos transmitidos pelas raízes.
- **Metionina:** Precursor direto na via biossintética do etileno. Em concentrações fisiológicas equilibradas, o etileno orquestra mecanismos de defesa e promove o espessamento do córtex radicular.

4. Indução da atividade quitinolítica através da fração de quitina (2,5% ms):

A integração biológica de 2,5% de quitina na matéria seca, derivada do exoesqueleto de camarões e outros crustáceos, é utilizada na composição do SOLÖAMINO®. Apresenta uma estratégia de biocontrole altamente especializada e seletiva. A quitina (um polímero linear de N-acetilglicosamina) é um elemento estrutural crítico na agricultura, mas está ausente em plantas superiores. No entanto, é uma parte indispensável da matriz da casca do ovo de nematóides e da cutícula interna de muitos de seus estágios larvais.

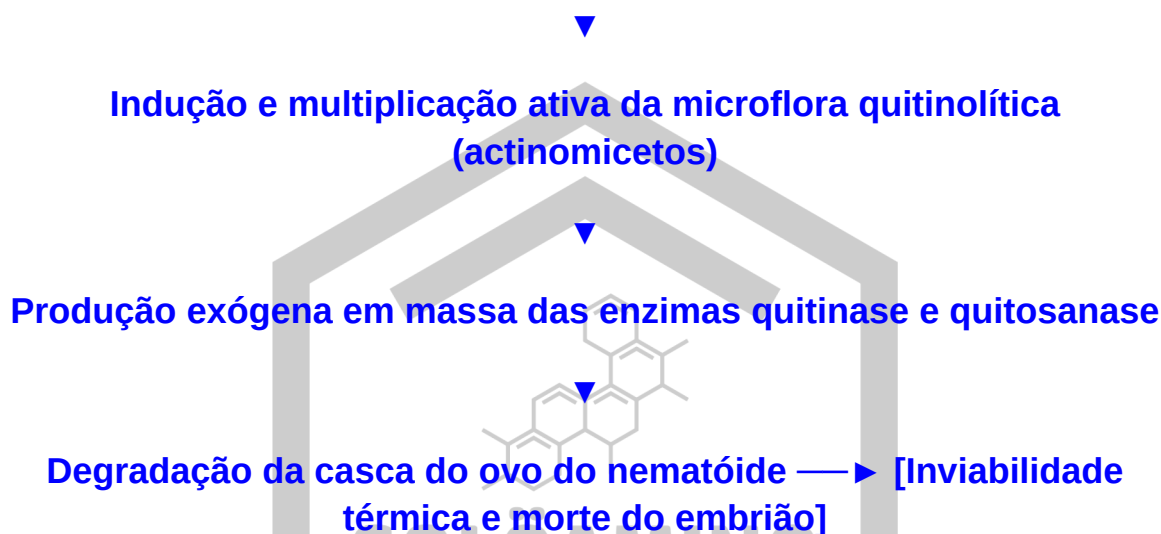


SOLÖAMINO

Dinâmica específica de supressão por emenda quitinosa:

Ao aplicar SOLÖAMINO® No solo, a presença constante de micropartículas de quitina atua como um potente "indutor do solo". O solo responde com uma mudança drástica em seu equilíbrio microbiológico:

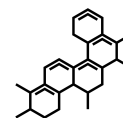
Aplicação SOLÖAMINO com 2,5% de quitina



Pesquisas publicadas (como estudos sobre a adição de crustáceos no controle de *Meloidogyne*) mostram que as taxas de eclosão dos ovos diminuem em até 84% após a aplicação de matrizes ricas em quitina e proteínas complexas. As enzimas exo e endo quitinases hidrolisam as ligações beta da casca do ovo do nematóide, rompendo a barreira interna de permeabilidade lipídica, o que leva à desidratação do embrião ou permite a entrada de fungos oportunistas que parasitam o interior do ovo.

5. Sinergia do Consórcio Microbiológico Endógeno SOLÖAMINO®:

Ao contrário de produtos de baixa qualidade esterilizados termicamente, SOLÖAMINO® Preserva e fornece um



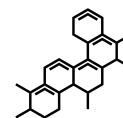
SOLÖAMINO

microbioma endógeno ativo e diversificado, originário do sistema digestivo de organismos marinhos processados. Esses microrganismos atuam de forma cooperativa na interface da rizosfera:

Actinomicetos: As Biofábricas da Antibiose e da Quitinólise: Actinomicetos (predominantemente do gênero *Streptomyces* são os agentes biológicos mais eficientes para o controle de nematóides a longo prazo. Eles são estimulados diretamente pela quitina presente no produto. Além de produzirem altas concentrações de quitinases exógenas, sintetizam metabólitos secundários macrocíclicos (como avermectinas e compostos semelhantes a nucleosídeos) que possuem propriedades nematocidas de contato direto, bloqueando os neurotransmissores de nematoides parasitas de plantas no solo.

Lactobacillus e bactérias anaeróbias/aeróbias: Moduladores químicos: As bactérias do ácido láctico realizam a fermentação contínua de carboidratos e açúcares residuais fornecidos pelos ácidos fúlvicos e húmicos do SOLÖAMINO®. A produção in situ de ácido láctico e bacteriocinas cria um ambiente protetor ao redor dos pelos radiculares. Essa colonização competitiva por espaço e nutrientes impede o reconhecimento quimiotático da raiz por nematóides parasitas de plantas, interferindo drasticamente em sua capacidade de se orientarem em direção aos tecidos-alvo da planta.

Azotobacter e Rhizobium: Mitigação de danos por meio de rizobactérias promotoras do crescimento vegetal (PGPR): A infestação por nematóides destrói o sistema vascular da raiz (vasos do xilema), restringindo severamente a absorção de água e nutrientes, o que se manifesta externamente na planta como clorose e nanismo. Bactérias fixadoras de nitrogênio



SOLÖAMINO

Azotobacter e *Rhizobium* presentes em SOLÖAMINO® colonizam o exterior eo interior do tecido radicular:

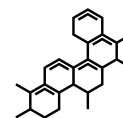
1. Síntese de fitoestimulantes: Produzem ácido indolacético (auxinas) e citocininas a partir do triptofano presente no hidrolisado. Esses hormônios induzem a emissão contínua de novas raízes laterais e adventícias.
2. Compensação funcional: A planta consegue gerar mais raízes novas do que as galhas formadas pelos nematóides, mantendo intacta a taxa de absorção de água e nutrientes, compensando economicamente os danos causados pelo patógeno.

Mucor: Degradação primária e estrutura do solo: Este fungo zigomiceto acelera a decomposição da fração lipídica do produto (Óleos), transformando-a em ácidos graxos de cadeia curta que alteram o equilíbrio biológico de nematóides fitoparasitas e melhoram substancialmente a agregação e a porosidade do solo circundante.

6. Evolução de solos condutivos para solos supressivos:

O conceito fundamental por trás do uso sistemático do SOLÖAMINO® Não se trata simplesmente de erradicação química temporária, mas de criar solos supressivos. Um solo condutivo é aquele onde o patógeno encontra condições biológicas ideais para se multiplicar exponencialmente. Um solo supressivo, por outro lado, mantém as populações de nematoides abaixo do limiar de dano econômico devido à pressão biológica exercida pela comunidade microbiana nativa e estimulada.

SOLÖAMINO® atua fornecendo simultaneamente os três componentes necessários para a indução da supressão



SOLÖAMINO

específica, de acordo com os modelos epidemiológicos modernos:

| **PISO SUPRESSIVO (Objetivo)** |



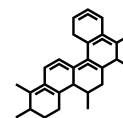
 ELICITORES	 INÓCULO ATIVO	 MATRIZ DE ENERGIA
(Quitina 2,5%)	(Actinomicetos, Lactobacillus)	(Aminoácidos Livres 19,8%)

O fornecimento contínuo de um substrato rico em carbono orgânico, nitrogênio facilmente digerível e quitina estruturada estabelece uma teia alimentar equilibrada no solo. Nematóides predadores onívoros e de vida livre se multiplicam, competindo ativamente e predando os estágios móveis de *Meloidogyne* spp., regulando biologicamente e naturalmente a dinâmica populacional do ecossistema.

7. Conclusões e recomendações biotecnológicas:

Análise abrangente do perfil analítico do SOLÖAMINO® Comprova cientificamente sua dupla função como bioestimulante altamente eficiente e promotor da saúde radicular contra nematóides nocivos:

- **Sinergia Químico-Biológica:** A combinação de aminoácidos livres funcionais com a quitina, ativa simultaneamente as vias de defesa intrínsecas da planta e as capacidades hidrolíticas do solo.
- **Carga Biológica Especializada:** O consórcio de actinomicetos e bactérias do ácido láctico atua diretamente na área de maior risco de infecção, colonizando ativamente a rizosfera das culturas.



SOLÖAMINO

- **Restauração de ecossistemas:** O uso recorrente do produto reduz consideravelmente a dependência de agroquímicos sintéticos, mitigando a degradação dos solos agrícolas e promovendo uma transição viável para um modelo de agricultura regenerativa altamente produtivo.

Bibliografia de referência

1. Innoagral (2026). *Relatório de teste SOLÖAMINO® Hidrolisado líquido de peixe*. Determinações analíticas por HPLC, Walkley Black e Absorção Atômica.
2. Cretoiu, MS, Korthals, GW, Visser, JHM e van Elsas, JD (2013). *A adição de quitina aumenta a capacidade do solo de suprimir patógenos de plantas e modula as comunidades de actinobactérias em um campo agrícola experimental*. Microbiologia Aplicada e Ambiental, 79(13), 3968-3975.
3. Tian, H., Riggs, R. D., & Crippen, D. L. (2000). *Controle do nematoide do cisto da soja por bactérias quitinolíticas*. Revista de Nematologia, 32(4), 377.
4. Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., & Rouphael, Y. (2015). *Hidrolisados proteicos como bioestimulantes na agricultura: uma revisão*. Ciência Hortícola, 196, 28-38.
5. Sánchez-Moreno, S. e Ferris, H. (2007). *Solos supressivos e a diversidade funcional das comunidades de nematoides*. Fitopatologia, 97(11), 1431-1439.
6. Oka, Y. (2010). *Mecanismos de atividade nematicida de compostos naturais*. Fitopatologia, 100(2), 227-232.
7. Backer, R., Rokem, JS, Ilangumaran, G., Lamont, J., Smith, DL, & ±Smith, DL (2018). *Rizobactérias promotoras do crescimento vegetal (PGPR) como biofertilizantes e biopesticidas: uma revisão*. Fronteiras na Ciência das Plantas, 9, 1473.