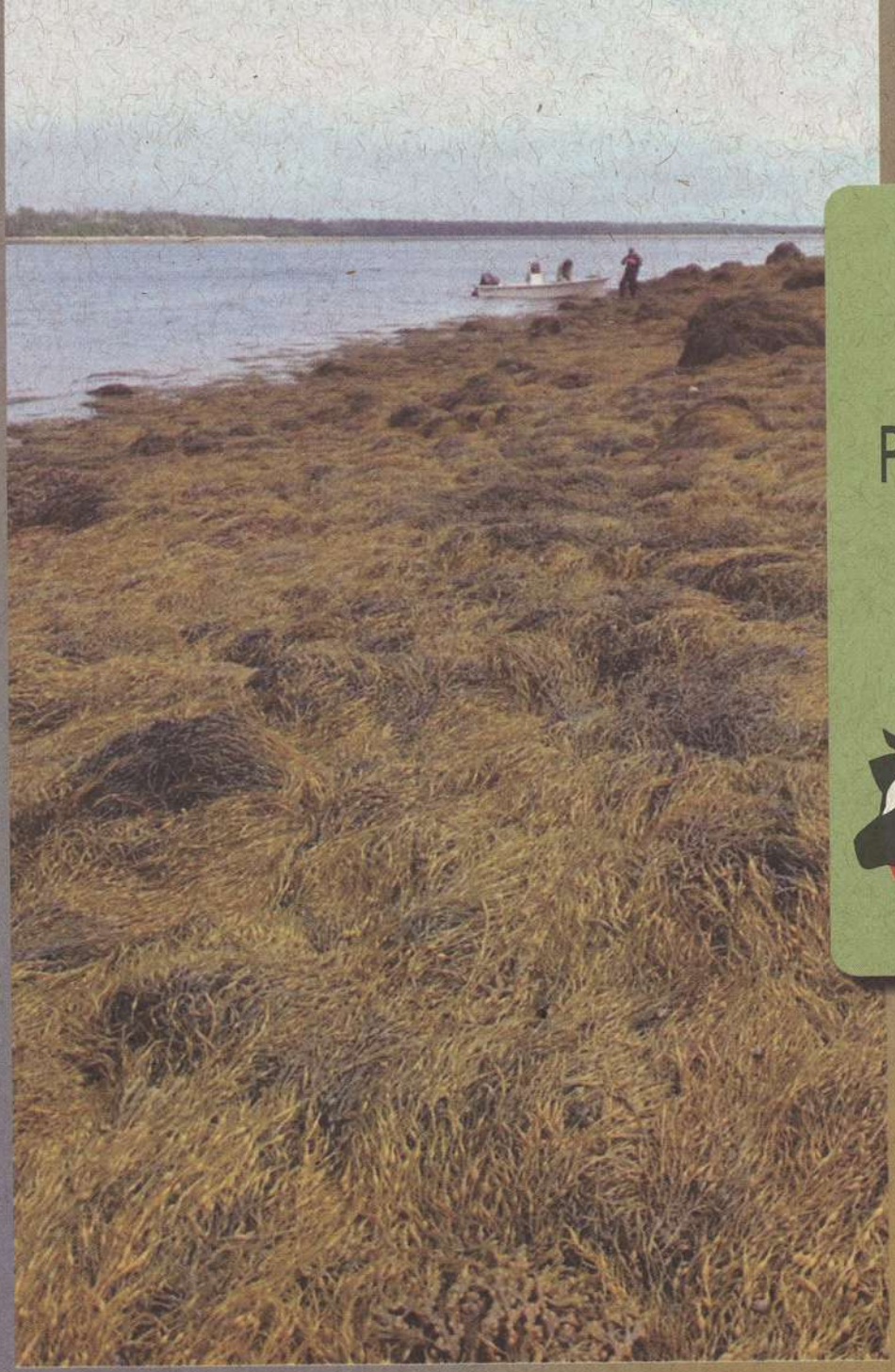
ISSN 1414-4530



Série
Produtor Rural

nº 56

Extratos de algas e suas aplicações na agricultura

Marcia Eugenia Amaral Carvalho
Paulo Roberto de Camargo e Castro

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Divisão de Biblioteca

ISSN 1414-4530

Universidade de São Paulo - USP
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ
Divisão de Biblioteca - DIBD

Marcia Eugenia Amaral Carvalho[1]
Paulo Roberto de Camargo e Castro[2]

[1] Mestre em Fisiologia e Bioquímica de Plantas - ESALQ/USP, Piracicaba, SP
marcia198807@hotmail.com
[2] Professor Titular - Departamento de Ciências Biológicas - ESALQ/USP, Piracicaba, SP - prcastro@usp.br

Extratos de algas e suas aplicações na agricultura

DOI: 10.11606/9786562060744

Série Produtor Rural - nº 56

Piracicaba
2014

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Reitor - Prof. Dr. Marco Antonio Zago
Vice-reitor - Prof. Dr. Vahan Agopyan

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Diretor - Prof. Dr. José Vicente Caixeta Filho
Vice-diretora - Profª. Drª. Marisa Aparecida Bismara Regitano D'Arce

DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD
Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 9
13.418-900 - Piracicaba - SP
biblioteca.esalq@usp.br • www.esalq.usp./biblioteca

Revisão e Edição	Eliana Maria Garcia
Foto Capa	Diego Kitahara Araújo
Layout Capa	José Adilson Milanêz
Editoração Eletrônica e Digitalização de Imagens	Maria Clarete Sarkis Hyppolito
Impressão e Acabamento	Serviço de Produções Gráficas - ESALQ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Carvalho, Marcia Eugenia Amaral
Extratos de algas e suas aplicações na agricultura [recurso eletrônico] / Marcia Eugenia Amaral Carvalho e Paulo Roberto de Camargo e Castro. - - Piracicaba : ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2014.
58 p : il. (Série Produtor Rural, nº 56)

ISSN: 1414-4530
ISBN: 978-65-6206-074-4
DOI: 10.11606/9786562060744

1. Agentes antiestressantes 2. Agricultura 3. Estimulantes de crescimento vegetal 4. Extratos de algas marinhas 5. Plantas cultivadas I. Castro, P. R. de C. e II. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Divisão de Biblioteca III. Título IV. Série

CDD 630

Índice para o catálogo sistemático:

1. Agricultura : Plantas Cultivadas : Extratos de algas marinhas CDD 630

Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons

SUMÁRIO

1 EXTRATOS DE ALGAS 5
1.1 Introdução 5

2 EXTRATOS DE ALGAS EM PLANTAS CULTIVADAS 9
2.1 Desenvolvimento vegetal 9
2.1.1 Germinação 9
2.1.2 Plântulas 12
2.1.3 Propagação assexuada 14
2.2 Produtividade 16
2.3 Qualidade de frutos e hortaliças 21

3 AGENTES ANTIESTRESSANTES 25
3.1 Estresses abióticos 25
3.1.1 Seca 26
3.1.2 Calor 27
3.1.3 Radiação 27
3.1.4 Salinidade 28
3.1.5 Baixa fertilidade do solo 29
3.1.6 Geadas 30
3.2 Estresses bióticos 30
3.2.1 Doenças 30
3.2.2 Nematoides 36
3.2.3 Pragas 38

4 PRODUTOS ATUALMENTE NO MERCADO 41

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 43

REFERÊNCIAS 45

O desempenho das culturas pode ser melhorado com o uso de extratos de algas marinhas, que constituem uma alternativa ecologicamente correta ao uso de fertilizantes e bioestimulantes. A utilização de extratos de algas na agricultura vem aumentando significativamente nas últimas décadas, sendo observado que consideráveis parcelas dos 15 milhões de toneladas métricas de algas marinhas colhidas anualmente, são empregadas como estimulantes (KHAN et al., 2009; CRAIGIE, 2011).

Bioestimulantes são uma mistura de hormônios com compostos de natureza química diferente, tais como aminoácidos, vitaminas, sais minerais etc. Por afetarem de alguma forma o desenvolvimento vegetal, são compostos amplamente utilizados na agricultura.

Podemos considerar os extratos de algas também como agentes antiestressantes, uma vez que afetam o sistema antioxidante (enzimático e não-enzimático) das plantas, aumentando a tolerância do vegetal frente a condições ambientais adversas e melhorando a capacidade de recuperação após o estresse (ERVIN et al., 2004; ZHANG; ERVIN, 2004; NAIR et al., 2011), o que pode potencialmente incrementar ou, ao menos, manter a produção das plantas, mesmo sob condições não ideais de cultivo.

1.1 Introdução

Os produtos derivados de extratos de algas são produzidos principalmente a partir de espécies que habitam águas salgadas. *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis destaca-se dentre as espécies de algas marinhas comumente utilizadas (UGARTE et al., 2006),

e tem sido muito estudada por suas propriedades que incluem desde a promoção de crescimento vegetal ao uso na alimentação humana e animal (KHAN et al., 2009; CRAIGIE, 2011). É uma alga marrom encontrada nos mares árticos e nas costas rochosas do oceano Atlântico no Canadá e no norte da Europa (COLAPIETRA; ALEXANDER 2006), onde a temperatura da água não excede 27°C (KESER et al., 2005).

Diversos estudos têm apontado o potencial de uso dos extratos de algas para incrementar o desenvolvimento vegetal, algumas vezes com consequentes aumentos na produção; sendo também relatado aumento da tolerância vegetal à estresses bióticos e abióticos. Estas pesquisas mostram que, mesmo em baixas concentrações, os produtos à base de extratos de algas afetam o desenvolvimento vegetal, sugerindo que os derivados dos extratos de algas possuem compostos bioativos (KHAN et al., 2009; CARVALHO et al., 2013, 2014). Assim sendo, surge a seguinte questão: De que são constituídos estes agroquímicos ?

De modo geral, a matriz orgânica dos extratos é caracteristicamente complexa, sendo composta de nutrientes (macro e micro), aminoácidos, oligossacarídeos e hormônios vegetais (CRAIGIE et al., 2007; KHAN et al., 2009, 2011; ZODAPE et al., 2009; SHARMA et al., 2012). Especificamente, os extratos de *Ascophyllum nodosum* são constituídos por citocininas, auxinas, ácido abscísico, giberelinas, betaínas e alginatos (MACKINNON et al., 2010; RIOUX et al., 2007; TARAKHOVSKAY et al., 2007; DURAND et al., 2003; STIRK et al., 2004); existindo ainda compostos não identificados que possuem atividade similar a de alguns hormônios vegetais e que também podem estimular sua produção nas plantas (KHAN et al., 2009; RAYORATH et al., 2008a, 2008b).

Entretanto, a composição (quantidade e tipos de compostos) destes produtos pode ser alterada em função da espécie de alga utilizada para a confecção do extrato, bem como sua época de coleta; método de extração e adição de outros compostos (principalmente macro e micronutrientes). Abaixo são especificados os compostos orgânicos e inorgânicos de um produto comercial à base de *Ascophyllum nodosum* (Tabela 1).

Mesmo com a presença de alguns compostos bioativos, as respostas das plantas podem variar, pois dependem tanto do método (tratamento de sementes, pulverização foliar e/ou irrigação), quanto das dosagens e frequências de aplicação, variando também com a espécie de planta e cultivar selecionada, estação do ano e localização geográfica do cultivo, dentre outros fatores.

O fato é que múltiplos processos fisiológicos, bioquímicos e genéticos estão envolvidos nas respostas vegetais e os efeitos observados a partir das aplicações podem ser diretos ou indiretos. Entretanto, os mecanismos de ação do extrato de *Ascophyllum nodosum* ainda são pouco conhecidos e a sua elucidação é de extrema importância para a elaboração de estratégias que favoreçam o aumento da produtividade vegetal (RAYORATH et al., 2008; KHAN et al., 2009).

Tabela 1 - Especificações químicas do extrato líquido comercial de *Ascophyllum nodosum*, de acordo com o rótulo do Acadian® *Marine plant extract*

Análises discriminatórias	
Matéria orgânica	13,00 - 16,00%
Nitrogênio total (N)	0,30 - 0,60%
Fosfato disponível (P_2O_5)	< 0,1%
Potássio solúvel (K_2O)	5,00 - 7,00%
Enxofre (S)	0,30 - 0,60%
Magnésio (Mg)	0,05 - 0,10%
Cálcio (Ca)	0,10 - 0,20%
Sódio (Na)	1,00 - 1,50%
Ferro (Fe)	30 - 80 ppm
Cobre (Cu)	01 - 05 ppm
Zinco (Zn)	05 - 15 ppm
Manganês (Mn)	01 - 05 ppm
Boro (B)	20 - 50 ppm
Carboidratos:	Ácido algínico, manitol, laminarina
Aminoácidos (1,01%)	
Alanina	0,08%
Ácido aspártico	0,14%
Ácido glutâmico	0,20%
Glicina	0,06%
Isoleucina	0,07%
Leucina	0,09%
Lisina	0,05%
Metionina	0,03%
Fenilalanina	0,07%
Prolina	0,07%
Tirosina	0,06%
Valina	0,07%
Triptofano	0,02%

2 EXTRATOS DE ALGAS EM PLANTAS CULTIVADAS

2.1 Desenvolvimento vegetal

Neste tópico serão abordados os efeitos de produtos à base de extrato de algas sobre a germinação e crescimento de plântulas, bem como sobre o desenvolvimento de mudas propagadas por estacas. Sabe-se que, devido aos compostos encontrados nos extratos de algas, estes agroquímicos podem afetar positivamente várias etapas do desenvolvimento das plantas, sendo a principal delas o desenvolvimento inicial (germinação e plântulas), pois é uma etapa crucial que reflete no estabelecimento em campo e na produtividade vegetal.

Embora não se enquadre dentro de desenvolvimento inicial, torna-se importante o estudo de metodologias que favoreçam a fase de pegamento de mudas oriundas de estacas, já que nem sempre este método de propagação é bem-sucedido, sem contar que, para algumas espécies, é muito oneroso.

2.1.1 Germinação

Vários autores relataram que a aplicação do extrato comercial de *Ascophyllum nodosum* foi determinante para aumentar a germinação e o vigor de plântulas de uma gama de espécies. Rayorath et al. (2008a) demonstraram que os componentes orgânicos do extrato de *Ascophyllum nodosum* favoreceram a germi-

nação de sementes de cevada, por induzir a atividade da amilase independente de giberelina que, possivelmente, age em conjunto com a produção de amilase dependente deste hormônio.

Atualmente, sabe-se que a giberelina é um hormônio que induz a germinação, principalmente de sementes de monocotiledôneas, através da promoção da síntese de enzimas, como as amilases, que são responsáveis pela transformação de amido em açúcares, disponibilizando a energia antes armazenada no endosperma amilífero para o desenvolvimento do eixo embrionário, aumentando deste modo, o potencial germinativo (RAYORATH et al., 2008a).

A porcentagem de germinação de sementes de *Vigna radiata* (uma leguminosa utilizada pelo seu valor nutricional e medicinal) também aumentou após o tratamento com produtos à base de extratos das algas *Sargassum plagiophyllum*, *Turbinaria conoides*, *Padina tetrastromatica*, *Dictyota dichotama* e *Caulerpa scalpelliformis* (KAVIPRIYA et al., 2011). De modo geral, as doses que foram mais eficientes variaram de 0,3-0,5%, sendo que sementes tratadas com este agroquímico apresentaram 80 a 100% de germinação, enquanto apenas 70% das sementes não tratadas germinaram (KAVIPRIYA et al., 2011).

Os extratos de *Ulva lactuca*, *Padina tetrastromatica* e *Gracilaria corticata*, também foram testados sobre a germinação de *Cyamopsis tetragonoloba*, uma leguminosa utilizada para o consumo humano e animal (BALAKRISHNAN et al., 2007). Para cada espécie de alga, foram feitas soluções que continham de 0,5 a 10% de extrato; sendo que o extrato de *Ulva lactuca* apresentou melhor resultado quando utilizado de 0,5 a 5% na solução, alcançando 100% de germinação (o controle teve 70% de sementes germinadas). Quando a espécie *Padina tetrastromatica* foi utilizada, as

melhores proporções do extrato de alga na solução também variaram entre 0,5 a 5%; onde sementes tratadas apresentaram 70% de germinação, enquanto que o controle mostrou 60%; doses superiores a estas influenciaram negativamente a germinação. Por outro lado, sementes tratadas com qualquer dose do extrato de *Gracilaria corticata* não afetaram a germinação de *Cyamopsis tetragonoloba* (BALAKRISHNAN et al., 2007).

Também foi avaliada a germinação de sementes de tomate (*Solanum lycopersicum* cv. Rio Grande), pimentão (*Capsicum annuum* cv. Demre) e berinjela (*Solanum melongena* cv. Pala) após uso de extratos de algas (DEMIR et al., 2006). Neste estudo, foram testados os efeitos de suspensões oriundas do extrato de *Codium tomentosum*, *Gracilaria gracilis* e *Cystoseria barbata* sobre sementes que foram colocadas para germinar sob temperaturas ótimas (25ºC) e sub-ótimas (15ºC). Em condições ótimas, sementes de pimentão tratadas com a alga *Codium tomentosum* apresentaram 18,67% a mais de sementes germinadas do que o controle; enquanto que para as sementes de berinjela, este aumento foi de 10,41% quando tratada com solução desta mesma alga. Dentre todos os extratos testados, a porcentagem de germinação de sementes de tomate pouco diferiu do controle sob temperatura ideal.

Em condições sub-ótimas de temperatura (considerada estresse por frio), o extrato de *Codium tomentosum* promoveu acréscimos de 10,63-48,57% e 7,05-16,66% na porcentagem de sementes germinadas de pimentão e berinjela, respectivamente, quando comparados às sementes não tratadas ou apenas imersas em água. As suspensões preparadas a partir das outras algas citadas tiveram pouco efeito sobre a germinação destas culturas, tanto em temperatura ideal quanto sub-ótima (DEMIR et al., 2006).

2.1.2 Plântulas

Estratégias que aumentem a porcentagem de germinação, tornando-a mais uniforme e que gere plântulas mais vigorosas, são muito importantes. Estandes adequados podem ser obtidos com a utilização de extratos de algas em sementes, propiciando melhor estabelecimento em campo e potencialmente diminuindo as perdas na produção.

O desenvolvimento de plântulas de *Vigna radiata* foi incrementado pela aplicação de extratos das algas *Sargassum plagiophyllum*, *Turbinaria conoides*, *Padina tetrastromatica*, *Dictyota dichotama* e *Caulerpa scalpelliformis* nas sementes, sendo observados acréscimos no comprimento da raiz principal e da parte aérea, assim como no número de raízes laterais e massa fresca e seca das plântulas em até 105%, 106%, 123%, 93% e 85%, respectivamente (KAVIPRIYA et al., 2011).

O crescimento das plântulas de *Cyamopsis tetragonoloba* também foi promovido após o tratamento de sementes com extratos de algas de várias espécies (*Ulva lactuca*, *Padina tetrastromatica* e *Gracilaria corticata*) e com diferentes doses (0,5 a 10%). Estas plântulas apresentaram raízes e parte aérea mais longas, assim como estas porções alcançaram massa fresca e seca superiores, quando comparadas às plântulas oriundas de sementes não tratadas (BALAKRISHNAN et al., 2007).

Sementes de feijão 'Alvorada' imersas em solução contendo extrato de *Ascophyllum nodosum* na concentração de 0,8 mL L^{-1} por 5, 10, 15 e 20 minutos, foram avaliadas. Para efeito de comparação, algumas sementes também foram imersas em água por 5, 10, 15 e 20 minutos, sendo ainda analisadas sementes que não receberam nenhum tratamento (controle). Foi observado que sementes imersas em extrato de *Ascophyllum nodosum* apresentaram

porcentagem de plântulas emergentes, na avaliação inicial, superior ao controle (acréscimo de até 28,45%), independentemente do tempo. Contudo, apenas sementes imersas por 15 minutos em extrato de alga exibiram índice de velocidade de emergência superior (CARVALHO et al., 2013).

Deste modo, os autores concluíram que o vigor de sementes do feijão 'Alvorada' é aumentado após a imersão em solução contendo extrato de *Ascophyllum nodosum* por 15 minutos, devido ao incremento do número de plântulas com melhor potencial de estabelecimento em campo e à redução do tempo de emergência, o que pode promover formação homogênea do estande (CARVALHO et al., 2013), como apresentado na Figura 1.

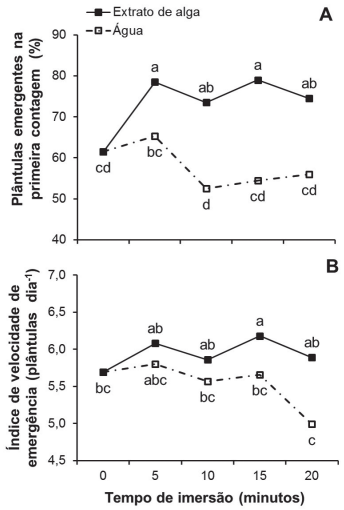


Figura 1 - Efeito do tempo de imersão em extrato de *Ascophyllum nodosum* ou em água, sobre a (A) porcentagem de plântulas emergentes na primeira avaliação e (B) sobre o índice de velocidade de emergência de plântulas de feijão 'Alvorada', avaliado do sexto ao décimo primeiro dia após a semeadura. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Duncan (5%) (Adaptado de CARVALHO et al., 2013)

2.1.3 Propagação assexuada

Também verificou-se que a aplicação de produtos à base de extratos de algas pode influenciar positivamente o desenvolvimento vegetal durante a propagação assexuada. Em São Paulo, foi conduzida pesquisa visando melhorar o número e qualidade de mudas oriundas de microestacas de três clones de eucalipto (clones Euca 103 e Euca 105 de *Eucalyptus urograndis* e clone I 144 de *Eucalyptus urophilla*) (LOSI, 2010).

Foram utilizadas diferentes doses do extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (variou de 0,5 a 16 mL L^{-1}) para cada um dos clones e dois tipos de substratos (a saber, substrato 1- 33,3% de fibra de côco, 33,3% de vermiculita, 33,3% de casca de arroz carbonizada, 135 g de fertilizante 2 B plus e 135 g de fertilizante yoorin máster e 100 g de calcário dolomítico; e substrato 2- turfa de *Sphagno*, vermiculita, calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizante Pg Mix). As microestacas foram plantadas após a aplicação do extrato diretamente sobre o substrato. Além disso, durante o período de enraizamento, também houve de 3 a 5 aplicações adicionais sobre o substrato, dependendo do tratamento.

Para o clone EUCA 105, a utilização do extrato de algas (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mL L^{-1}) afetou significativamente o desenvolvimento radicular, sendo observado aumento máximo do comprimento das raízes na dose estimada de 0,8 mL L^{-1} do extrato, independentemente do substrato. Para a fitomassa seca radicular, houve um incremento de 82,75% quando utilizada a dose 2 mL L^{-1} do extrato no substrato 2; enquanto que para o outro substrato, o extrato reduziu a massa seca alocada nas raízes (redução de 36,14% a 66,26% em relação ao controle).

Para o clone I 114, a utilização do extrato de *Ascophyllum nodosum* (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 mL L^{-1}) ou não modificou ou

reduziu significativamente o comprimento radicular (até 22,15%). Em relação à massa seca de raízes, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, independentemente da dose ou dos substratos utilizados. No clone Euca 103, a utilização de doses crescentes (0; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 mL L^{-1}) do extrato, foi capaz de causar incrementos (31,85%, substrato 1), mas também reduções do comprimento radicular (2,45 a 12,88%, substrato 2). Deste modo, os resultados apresentados neste trabalho indicam que as doses, frequências de aplicação, características do substrato, espécies e até mesmo os clones utilizados, influenciam significativamente a resposta final da planta.

Em outra pesquisa, realizada na Hungria, foi observado o desenvolvimento das estacas de *Crataegus pinnatifida* (cultivares Da Chang Kao e Liao Hong), *Prunus marianna* cv. GF 8-1 e *Prunus mahaleb* cv. Bogdány, três espécies de árvores frutíferas, após 3 pulverizações foliares de 2 produtos à base de extrato de algas a 0,02% (SZABÓ; HROTKÓ, 2009). Para o cultivar Da Chang Kao houve reduções do número de brotações (27,27-50,00%) independentemente do produto utilizado. Contudo, para o outro cultivar foram observados incrementos de até 120% de brotações. Para *Prunus marianna* cv. GF 8-1, mais uma vez o número de brotações aumentou (225,0 - 587,5%), quando comparado ao controle. Em *Prunus mahaleb* cv. Bogdány, dependendo do produto utilizado, o número de brotações foi reduzido (19,23%) ou elevado (23,07%). Deste modo, nota-se que os efeitos dos extratos de alga são dependentes não só da espécie, mas também dos cultivares selecionados, como citado anteriormente.

Como observado em um trabalho realizado com mudas de pinheiro (*Pinus pinea*), o padrão de resposta vegetal é modificado pelo método, dose e frequência de aplicação

dos extratos de alga (ATZMON; VAN STADEN, 1994). De modo geral, enquanto a aplicação foliar promove o crescimento da parte aérea (aumento do comprimento e de massa alocada nesta porção vegetal); a irrigação do solo induz o crescimento radicular (número e massa de raízes), desta espécie de pinheiro. Na Figura 2, encontram-se os possíveis mecanismos de ação do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre a resposta vegetal, tal esquema foi construído em função dos conhecimentos de aspectos bioquímicos e metabólicos estabelecidos por estudos prévios.

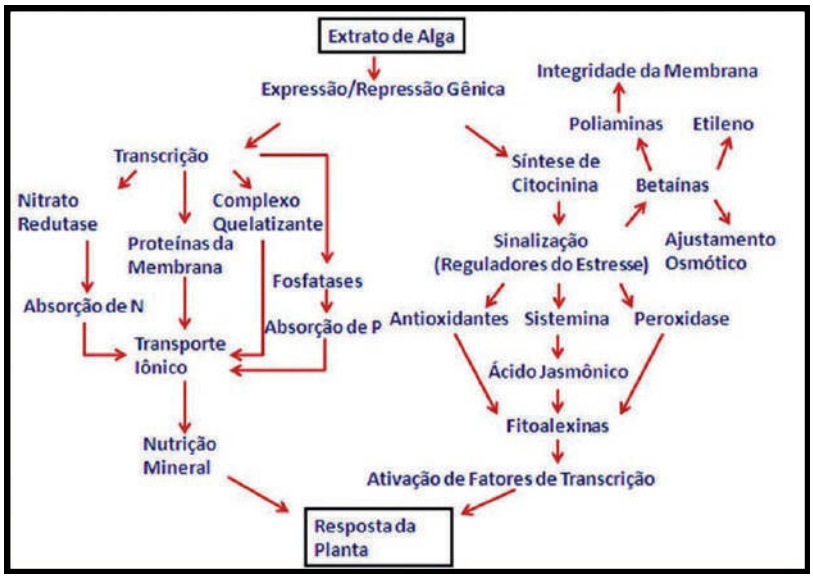


Figura 2 - Mecanismos hipotéticos de ação do extrato de *Ascophyllum nodosum* que induzem a resposta da planta (cedido pelo Prof. Paulo R. C. Castro)

2.2 Produtividade

O efeito dos extratos de diversas algas sobre a produtividade vegetal tem sido estudado há longo tempo. Em

experimento realizado em Mossoró com couve (*Brassica oleracea* cv. Couve-Manteiga da Georgia), observou-se que a aplicação do extrato de *Ascophyllum nodosum* na dose de 3,8 mL L^{-1} teve efeito benéfico no desenvolvimento inicial e, posteriormente, na produtividade das plantas que apresentaram um aumento do número de folhas e da massa seca da parte aérea (SILVA et al., 2012)

Em outro estudo na região Nordeste do Brasil, foi demonstrado que a aplicação de um produto comercial do extrato de *Ascophyllum nodosum* (Natural WSP em 55 ou 75 g 100 L^{-1} do extrato de algas pulverizado sobre as folhas e 550 ou 750 g ha^{-1} sobre o solo), influenciou positivamente a produtividade de alface (*Lactuca sativa* cv. Elba) (PINTO et al., 2005). A pulverização de 75 g 100 L^{-1} do extrato ou a aplicação no solo de 750 g ha^{-1} aumentou em 55,11 e 58,14%, respectivamente, a produtividade [Kg (massa fresca) $parcela^{-1}$] da alface 'Elba'.

Utilizando o cultivar de alface crespa 'Elba', outras doses do extrato de algas (0,5 e 1,0 g L^{-1}) em conjunto com diferentes métodos de aplicação (pulverização foliar e do solo), foram testados. Após 58 dias da semeadura e realização de três aplicações (7 mL por planta), houve aumentos na massa fresca (102,7%) e seca (111,3%) da parte aérea, bem como na produtividade (102,6%), quando o produto foi aplicado via foliar na dose de 1,0 g L^{-1} ou via solo a 0,5 g L^{-1} (PINTO et al., 2010).

Também houve acréscimos no número de folhas (16,6%) e massa fresca (24,3%) e seca (24,6) da parte aérea de alface crespa 'Vera' tratada com extratos de algas marinhas do gênero *Sargassum* e *Laminaria.* Dois tratamentos destacaram-se dentre os testados: 1) imersão de raízes durante o transplante mais 2 aplicações na dosagem recomendada de 2 L ha^{-1} de extrato de algas via foliar aos 14

e 21 dias após o transplante e 2) 2 aplicações na dosagem recomendada de 2 L ha^{-1} de extrato de algas via foliar aos 14 e aos 21 dias do transplante (CECATO; MOREIRA, 2013).

A aplicação foliar semanal ou quinzenal do extrato de algas em cebola (*Allium cepa* L.) nas dosagens de 3 e 4 mL L^{-1}, aumentou a massa fresca e seca dos bulbos, assim como reduziu a perda de massa fresca durante o armazenamento dos mesmos (BETTONI et al., 2010). Plantas de batata 'Ágata' pulverizadas com 1 L ha^{-1} do extrato de algas aos 30, 40 e 50 dias após o plantio (DAP), apresentaram maior produtividade, quando avaliadas no início da emissão dos tubérculos, aos 65 DAP (BETTONI et al., 2008). Houve acréscimos de 15,78; 12,31 e 36,13% no número, matéria fresca e diâmetro de tubérculos.

A aplicação do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) também incrementou o número de espigas de trigo (*Triticum aestivum*) 'IAC 364' e 'BRS Guamirim' (13 a 20%, respectivamente), mas não influenciou a massa de mil grãos (IGNA; MARCHIORO, 2010; CARVALHO et al., 2014). Após a pulverização de solução contendo extrato de *Kappaphycus alvarezii*, o número de espigas do trigo 'GW 322' também foi incrementado (37,39%), mas diferentemente do que o observado nos dois estudos anteriores, a massa de grão foi aumentada (até 33,63%) (ZODAPE et al., 2009). A constituição química do extrato desta alga encontra-se na abaixo (Tabela 2).

Em pesquisa conduzida na Indonésia, foram testados extratos de várias algas (*Turbinaria murayana*, *Turbinaria ornata*, *Sargassum* sp., *Sargassum polycistum, Ulva fasciata, Ulva ferticulata, Padina* sp., *Chaetomorpha* sp. e *Hydroclatrus* sp.) sobre a produção de arroz (SUNARPI et al., 2010). Foi constatado aumento do número de perfilhos e panículas e do peso de 100 grãos, sendo que o extrato de *Hydroclatrus* sp. (15% da solução) foi que promoveu melhor desempenho.

Tabela 2 - Constituintes químicos do extrato de *Kappaphycus alvarezii* (adaptado de ZODAPE et al., 2009)

Nitrogênio	0,45 – 0,70%
Fósforo	0,007 – 0,01%
Potássio	1,60 – 2,10%
Matéria orgânica	1,05 – 1,40%
Sódio	0,45 – 0,70%
Cálcio	0,04 – 0,06%
Magnésio	0,06 – 0,07%
Manganês	6 – 9 ppm
Ferro	100 – 160 ppm
Cobre	7 – 11 ppm
Zinco	19 – 25 ppm
Cobalto	2 – 5 ppm
Molibdênio	2 ppm
Sulfato	1,06 – 1,20%
Cloreto	2,36 - 2,70%
IAA	25,14 ppm
Cinetina	8,5 ppm
Zeatina	20,10 ppm
Giberelina	27,11 ppm

Cafeeiros 'Catuaí 144' cultivados em condições de cerrado, apresentaram aumento da produtividade (incremento de 37 a 70% do número de sacas) na primeira e segunda safras, após a aplicação do extrato de *Ascophyllum nodosum* via irrigação por gotejamento e pulverização [5 aplicações e 4 tratamentos que variavam na dose utilizada (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L ha^{-1})] iniciada na pré-floração (FERNANDES; SILVA, 2011).

Em estudos realizados na Índia, foi observado que a irrigação da leguminosa *Cyamopsis tetragonolaba* com

solução contendo extrato de *Sargassum wightii* ou *Ulva lactuca* promoveu aumento do número (2 a 44%), peso (53 a 61%) e comprimento (38 a 40%) de vagens, assim como do número de grãos por vagem (até 27%), dependendo da dose e do extrato utilizados (RAMYA et al., 2010). Uma outra leguminosa, *Phaseolus radiata* 'K-851' também apresentou incrementos no número e peso de vagens (15 a 31% e 19 a 30%, respectivamente), assim como no rendimento (16 a 30%), após a aplicação foliar de solução contendo o extrato da alga *Kappaphycus alvarezii* (ZODAPE et al., 2010).

Foi mostrado que o modo de aplicação, assim como as doses do extrato de *Sargassum johnstonii*, afetaram significantemente o número, peso e qualidade de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* cv. Pusa Ruby). Ao todo, foram realizadas 15 aplicações entre os estádios vegetativo e reprodutivo do ciclo do tomateiro, sendo notado que a pulverização foi mais eficiente quando usada solução que continha de 8 a 10% do extrato de alga (ZODAPE et al., 2011). Por outro lado, a irrigação foi mais adequada quando aplicada solução que possuía entre 0,4 a 2% do extrato e, quando estes dois modos de aplicação foram utilizados juntos, a proporção do extrato de alga na solução estava entre 8 e 10%.

Em um estudo de campo realizado no Paraná, o tratamento de sementes de soja (*Glycine max*) 'BRS 232' com extrato de algas (2 mL Kg^{-1} de sementes) aumentou o peso de mil grãos e, consequentemente, a produtividade (Kg ha^{-1}) em 9 e 10%, respectivamente (FERRAZZA; SIMONETTI, 2010). Foi ainda observado aumento do número de vagens das plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) tratadas com extratos de *Sargassum wightii* e *Ulva lactuca* (SRIDHAR; RENGASAMY, 2010).

Extratos comerciais oriundos das algas *Ecklenia maxima* e *Ascophyllum nodosum* aumentaram a produção de frutos

(17 a 42%) de morangueiros (*Fragaria x ananassa*) cv. Elkat; mas não tiveram nenhuma influência sobre a produtividade do cultivar Salut (MASNY et al., 2004). Pesquisa conduzida no Paquistão verificou que produto composto por aminoácidos e extrato de algas aumentou o número de cachos (61%), o comprimento da ráquis (16%), o número de bagas por cacho (9%), assim como o tamanho das bagas (6%) e o peso de 100 bagas (17%) de uva 'Perlette', quando comparado ao controle (KHAN et al., 2012).

2.3 Qualidade de frutos e hortaliças

Além do aumento da produtividade, alguns pesquisadores também afirmam que a qualidade [nutricional, visual (tamanho, cor etc) e medicinal] das porções vegetais comercializadas, pode ser afetada positivamente pela utilização de produtos à base de extratos de algas.

O conteúdo de compostos fenólicos e flavonoides, relacionados ao decréscimo do risco de câncer e problemas de coração, da inflorescência de couve-flor (*Brassica oleraceae* cv. Caraflex) foi incrementado após a aplicação de 3,5 L ha^{-1} de dois produtos diferentes, AlgaGreen e XT, que aumentaram, respectivamente, em 1,3 e 2 vezes a quantidade destes compostos. Contudo, a produtividade não foi afetada (LOLA-LUZ et al., 2013).

O teor de vitamina C também foi incrementado nas folhas de alface 'Elba' em até 22,54% após três pulverizações com solução contendo 55 g 100 L^{-1} do extrato de *Ascophyllum nodosum*, indicando mais uma vez, que estes agroquímicos podem beneficiar a qualidade nutricional de vários produtos de origem agrícola, agregando valor aos mesmos (PINTO et al., 2005).

Sementes de trigo oriundas de plantas tratadas com extrato de *Kappaphycus alvarezii* apresentaram acréscimos no conteúdo de carboidratos (39,19%), proteínas (31,67%) e gorduras (21,73%); bem como no teor nutrientes (P, K, Ca, Fe, Zn, dentre outros), que foi superior ao encontrado em sementes de plantas não tratadas com extrato de algas (ZODAPE et al., 2009).

Este mesmo pesquisador relatou também que sementes da leguminosa *Phaseolus radiata* apresentaram incrementos nos teores de carboidrato (5,15%), nitrogênio total (7,06%) e proteínas (6,64%) (ZODAPE et al., 2010), após a aplicação de solução contendo 10% de extrato daquela mesma alga. Do mesmo modo, o teor de macro e micronutrientes foi aumentado, sendo observado, por exemplo, acréscimos de Na (33,33%), Mo (52,63%), Mg (11,85%), K (11,30%).

A aplicação de solução contendo extrato de *Ascophyllum nodosum*, fez com que as folhas da hortaliça *Amaranthus tricolor*, apresentassem incrementos nos teores de macronutrientes, sendo notados aumentos nos teores de N (9,52%), P (50%), K (5,68%) (AZIZ et al., 2011).

No estado da Flórida (EUA), avaliou-se o efeito de pulverizações com extrato de algas em laranjeiras e toranjeiras em período de 2 a 3 anos. Árvores pulverizadas com extrato de algas aumentaram a produção de frutos em 10 a 25% com relação ao controle, sendo que a combinação de pulverização no pré-florescimento, pós-florescimento e no verão, pareceu produzir a melhor resposta na produção. Neste mesmo estudo, observou-se que a aplicação do extrato de algas reduziu a queda prematura de frutos e promoveu a mudança de coloração da casca mais cedo que no controle (árvores que não receberam a aplicação do extrato de algas), embora o tamanho dos frutos não tenha diferido entre os tratamentos (KOO; MAYO, 1994).

Em outros estudos com frutos cítricos, notou-se que a aplicação do extrato de alga, durante 3 anos, em tangerinas jovens, promoveu aumento de 30% na produção de frutos; sendo também observado aumento do conteúdo de açúcar e redução da acidez do suco de laranja 'Navelina' e das tangerinas 'Satsuma' e 'Clementina', após a utilização do extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (FORNES et al., 1995).

Durante dois anos de análise e após a pulverização foliar sobre laranjeiras 'Valência' com extrato de algas (0,2%), verificou-se que os frutos apresentaram maior peso (20,00-21,45%), sólidos solúveis totais (13,04-14,15%), açúcares totais (10,81-12,98%) açúcares redutores (32,25%) e vitamina C (11,56-11,61%). Além disso, a acidez foi diminuída em até 6,99-5,67%, quando comparado aos frutos de plantas não tratadas (AHMED et al., 2013).

3.1 Estresses abióticos

Várias pesquisas tem apontado os efeitos benéficos da aplicação dos extratos de algas na agricultura, em especial na mitigação de estresses abióticos, responsáveis por grandes perdas de produção. Estudos feitos com várias espécies e frente a quase todo tipo de estresse abiótico, forneceram evidências de que produtos comerciais a base do extrato de algas podem auxiliar na tolerância a diversos estresses, mas isso não quer dizer são 100% eficientes diante de condições ambientais adversas.

O que ocorre é que muitos destes efeitos são suaves: os produtos à base dos extratos de algas estimulam a atividade de várias enzimas do sistema antioxidante, bem como a síntese de outros compostos (tais como osmólitos compatíveis), os quais são necessários para as plantas tolerarem mais eficientemente estes estresses. Contudo, são raros os estudos que demonstram a manutenção da produtividade de plantas tratadas com o agroquímico e sob estresse, quando comparados às plantas em condições normais de cultivo; ou que apresentam produção superior às plantas não tratadas com extratos de alga, mas sob condições estressantes. A seguir serão expostos os principais resultados encontrados sobre este assunto.

3.1.1 Seca

Fenômeno muito comum no nordeste brasileiro, a seca também ocorre em outras regiões do país em determinadas épocas do ano, ocasionada por estiagens ou veranicos. Estudos conduzidos em viveiro, com mudas enxertadas de laranjeiras, mostraram que a aplicação do extrato de algas (irrigação ou pulverização foliar, a 5 e 10 mL L^{-1}) reduziu os efeitos do déficit hídrico sobre o desenvolvimento vegetal (SPANN; LITTLE, 2011). Neste estudo, foram utilizados dois porta-enxertos: um tolerante à seca [citrange 'Carrizo' (*C. sinensis* x *Poncirus trifoliata*)] e outro com tolerância baixa/intermediária [citrumelo 'Swingle' (*P. trifoliata* x *C. paradisi*).

Independentemente do porta-enxerto e do método de aplicação, a utilização do agroquímico possibilitou que o enxerto (*Citrus sinensis* cv. Hamlin) produzisse folhas com maior área e biomassa (aumento médio de 42% e 25%, respectivamente), quando comparado com plantas que não receberam nenhuma aplicação e que também foram submetidas à seca. Além disso, as alterações que frequentemente ocorrem devido a este estresse, tais como maior comprimento radicular e mudanças no padrão de alocação de biomassa (razão raiz/parte aérea), não foram observadas nas plantas tratadas com extrato de algas, indicando que o uso deste produto mitiga os efeitos da seca devido a melhoria da eficiência do uso da água (SPANN; LITTLE, 2011).

Em outros estudos, pesquisadores americanos mostraram que a utilização do extrato de algas [sozinho (0,3 a 0,5 Kg ha^{-1}) ou em conjunto com ácido húmico (1, 2 a 1,5 Kg ha^{-1})] em duas espécies de gramíneas (*Poa pratensis* cv. Plush e *Agrostis palustris* cv. Penncross) submetidas ao déficit hídrico, apresentavam melhor desenvolvimento devido a maior quantidade de biomassa alocada nas folhas

e raízes (incrementos de 47 a 54% e 29 a 312%, respectivamente), sendo também observadas alterações nas concentrações de metabólitos relacionados ao aumento da tolerância à seca (ZHANG; SCHMIDT, 1999; ZHANG; ERVIN, 2004).

3.1.2 Calor

Altas temperaturas também prejudicam a produção. Contudo, trabalho realizado por pesquisadores americanos mostrou que a pulverização foliar do extrato de alga retardou o declínio da qualidade para comercialização de uma gramínea utilizada em campos de golfe (*Agrostis stolonifera* cv. L-93) quando submetida ao estresse térmico (35/25ºC, dia/noite) (ZHANG; ERVIN, 2008). Neste mesmo trabalho, foi ainda observada uma quantidade superior de raízes viáveis (14 a 57%) em plantas tratadas com o agroquímico, quando comparadas com as não tratadas.

Há fortes indícios de que estes resultados ocorrem devido a influência do produto sobre a síntese de hormônios vegetais, como a citocinina, auxina e giberelina, e também sobre a atividade de enzimas do sistema antioxidante, que combatem os radicais livres (ZHANG; ERVIN, 2008). Deste modo, os extratos de alga podem contribuir na diminuição dos efeitos negativos dos estresses abióticos através da regulação do desenvolvimento vegetal e de estratégias que impedem que compostos tóxicos (decorrentes do estresse) danifiquem as células.

3.1.3 Radiação

Dependendo da quantidade e qualidade da luz que incide sobre as plantas, o desenvolvimento e produtividade vegetal

podem ser prejudicados devido aos danos causados no aparato fotossintético. Porém, a pulverização do extrato de algas em conjunto com ácido húmico fez com que a grama Kentucky (*Poa pratensis* cv. Georgetown) apresentasse melhor eficiência fotossintética (41 a 50%) até o décimo segundo dia consecutivo de incidência de radiação UV-B, quando comparada com plantas não tratadas (ERVIN et al., 2004). A qualidade para comercialização desta gramínea também foi superior em plantas tratadas com este produto até aos 42 dias de incidência consecutiva.

O teor de pigmentos relacionados à fotossíntese e proteção contra a radiação excessiva, tais como clorofila, carotenoides e antocianinas, também foi superior em plantas que receberam estes compostos; assim como a atividade de algumas enzimas que combatem compostos tóxicos às plantas (ERVIN et al., 2004).

3.1.4 Salinidade

A área de solos salinos no mundo tem aumentando devido à práticas incorretas na agricultura, por isso o desenvolvimento de estratégias que diminuam o seu efeito sobre o crescimento das culturas é importante. Pesquisadores egípcios observaram que a aplicação de 2,5 e 3,0 mL L^{-1} do extrato de alga melhorou o desempenho de *Amaranthus tricolor* (espécie utilizada como hortaliça, sendo que humanos também se alimentam de suas sementes devido ao elevado teor de proteínas), que eram frequentemente irrigados com água salina (1000, 2000 e 3000 ppm de cloreto de sódio) (AZIZ et al., 2011).

A irrigação foi iniciada 3 semanas após a semeadura, e se estendeu até o momento da coleta das variáveis - resposta

(7 meses após a semeadura), sendo as plantas irrigadas em intervalos de 3 dias. A aplicação do extrato de alga foi iniciada aos 2 meses após a semeadura, através de pulverização foliar realizada uma vez ao mês. Plantas tratadas com 3 mL L^{-1} do extrato de alga, de modo geral, apresentaram maior biomassa fresca e seca alocada em folhas, caules e raízes, assim como elevado número de folhas, quando estes parâmetros eram avaliados em cada nível de salinidade com relação ao controle (0 ml L^{-1} do agroquímico). Por outro lado, o número e a biomassa (fresca e seca) das inflorescências foi superior em plantas que foram pulverizadas com 2,5 mL L^{-1} do extrato.

Além disso, plantas tratadas com extrato de alga (independente da dose ou nível de salinidade) apresentaram maior teor de carboidratos em suas folhas (incrementos de 12 a 22% com relação ao controle) (AZIZ et al., 2011).

3.1.5 Baixa fertilidade do solo

A correta fertilização do solo evita prejuízos aos produtores de forma direta, devido aos gastos com fertilizantes, e indiretamente, pela queda de produção por causa da falta ou excesso de macro e micronutrientes. Uma gramínea utilizada em campos de golfe (*Agrostis palustris* cv. Southshore) apresentou, de modo geral, atividade fotossintética, biomassa radicular e padrão de qualidade para comercialização superiores (10%, 151% e 23%, respectivamente) quando tratada com extratos de alga em conjunto com ácido húmico e/ou ferro, apresentando valores similares às plantas cultivadas em solo fertilizado (ZHANG et al., 2002).

3.1.6 Geadas

O congelamento ocorre com maior frequência na região sul do país, e pode gerar perdas consideráveis nas culturas. Porém, estudo conduzido por pesquisadores de instituições canadenses mostrou que a aplicação de extratos de alga tem potencial para diminuir os efeitos do congelamento e também melhorar a taxa de plantas recuperadas após o descongelamento (RAYIRATH et al., 2009). Neste estudo, foram utilizadas plantas da espécie *Arabidopsis thaliana* (muito empregada em pesquisas devido ao pequeno porte, ciclo rápido e ao conhecimento de seu genoma) e diferentes frações do extrato de algas (frações obtidas com hexano, etil-acetato e clorofórmio).

O cultivo temporário de plântulas sob temperaturas decrescentes (0 a -10°C) forneceu resultados interessantes: plantas tratadas com o extrato ou com suas frações, apresentaram tolerância superior, pois exibiram menos danos nos tecidos foliares (folhas mantiveram-se verdes por tempo superior e apresentaram clorose menos severa), menor porcentagem de mortalidade e maior taxa de plantas recuperadas após o estresse, quando comparadas com plantas que não receberam o produto. Também foi observado que a aplicação do agroquímico é capaz de alterar a expressão de genes relacionados à tolerância a estresses por baixas temperaturas, indicando que este produto age sobre a expressão gênica (RAYIRATH et al., 2009; NAIR et al., 2011).

3.2 Estresses bióticos

3.2.1 Doenças

Os resultados já apresentados sobre os efeitos de produtos à base dos extratos de alga no controle de doenças

mostram que estes agroquímicos podem ter amplo espectro de ação, o que pode beneficiar indiretamente a produtividade das culturas. Abaixo encontra-se um esquema hipotético sobre a ação do extrato de algas no controle (direto e indireto) de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus (Figura 3) em função de estudos já realizados sobre este assunto.

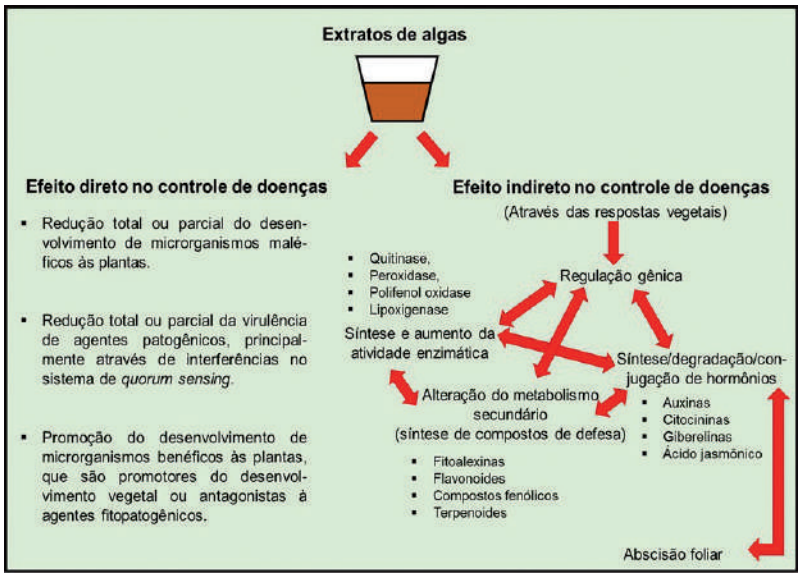


Figura 3 - Mecanismos hipotéticos de ação dos extratos de algas sobre o controle (direto e indireto) de doenças

Em pesquisa realizada em Florianópolis (SC) foi verificado que, após a aplicação de um produto a base de *Ulva* spp. (concentração de 50%), houve redução no número de pústulas de ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) por cm^2 em 76,7%; 67,0% e 63,5% na folha primária, primeiro trifólio e segundo trifólio dos feijoeiros, respectivamente (MARTINS,

2006). Contudo, os componentes de produção das plantas de feijão não foram avaliados neste estudo.

Além dessa pesquisa, dois outros estudos sobre o controle de doenças utilizando produtos à base de extratos de alga, também foram conduzidos em nosso país. Realizado no estado do Maranhão, o estudo avaliou o controle de podridões (causadas principalmente por fungos *Colletotrichum* spp.) em pimentas dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) na etapa de pós-colheita. As pimentas foram imersas em solução contendo extrato de alga [50 e 100 mL L^{-1} de *Ascophyllum nodosum* (Acadian®)] acrescidas de um surfatante por 5 minutos; sendo que o tratamento controle consistiu de frutos mergulhados apenas em água. A dose de 100 mL L^{-1} foi a que apresentou a melhor eficiência, reduzindo em 50% a incidência de podridões 48 h após a aplicação, quando comparada ao controle (SILVA et al., 2011).

Em pesquisa conduzida por pesquisadores de São Paulo, foi estudada a atividade antifúngica de 10 espécies de algas marinhas (*Stypopodium zonale*, *Laurencia dendroidea*, *Ascophyllum nodosum*, *Sargassum muticum*, *Pelvetia canaliculata*, *Fucus spiralis*, *Sargassum filipendula*, *Sargassum stenophyllum*, *Laminaria hyperborea* e *Gracilaria lagenarium*) sobre o controle dos patógenos *Colletotrichum lagenarium* e *Aspergillus flavus* (PERES et al., 2012). Seis algas supracitadas (*Stypopodium zonale*, *Laurencia dendroidea*, *Ascophyllum nodosum*, *Sargassum muticum*, *Pelvetia canaliculata* e *Fucus spiralis*) apresentaram controle efetivo sobre o crescimento de *Colletotrichum lagenarium*, uma das espécies de fungos causadores da antracnose. Contudo, nenhum dos extratos conseguiu inibir o crescimento do fungo *Aspergillus flavus* (PERES et al., 2012).

A atividade inibitória de extratos aquosos e etanólicos de 9 espécies de algas marinhas (*Macrocystis pyrifera*, *Macrocystis integrifolia*, *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata*, *Durvillaea antarctica*, *Gracilaria chilensis*, *Porphyra columbina*, *Gigartina skottsbergii* e *Ulva costata*) sobre fungos e bactérias fitopatogênicas, também foi testada. Para tal, os efeitos das espécies utilizadas, tipos de extrato (aquoso e etanólico), doses (100, 1.000, 5.000 e 10.000 ppm) e épocas de coleta (primavera, verão e outono) foram avaliados neste estudo (JIMÉNES et al., 2011).

Apenas o extrato etanólico de *Lessonia trabeculata* (10.000 ppm) reduziu os danos causados por *Botrytis cinerea* em folhas de tomateiro em 95%, 93% e 72% quando coletado no outono, primavera e primavera-verão, respectivamente. A dose de 5.000 ppm também foi capaz de reduzir os danos (aproximadamente 80%) quando o extrato foi coletado no outono ou no inverno; revelando que o efeito é dependente da dose e da época de coleta para esta espécie. Neste mesmo trabalho, verificou-se que ambos os extratos (aquoso e etanólico) da alga *Durvillea antarctica* (nas doses de 5.000 ou 10.000 ppm) reduziram os sintomas do vírus TMV (do inglês *tobacco mosaic virus*) em folhas de tabaco em até 95%, diminuindo o número e o tamanho das lesões (JIMÉNES et al., 2011).

Pesquisadores do Marrocos e da França revelaram em um estudo que o extrato etanólico da alga *Cystoseira tamariscifolia* teve uma boa atividade antibacteriana, quando avaliado seu efeito sobre o crescimento das bactérias *Agrobacterium tumefaciens*, *Escherichia coli*, *Staphylococus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*. Este mesmo extrato também apresentou uma eficiente inibição do crescimento dos fungos *Botrytis cinerea*, *Fusarium*

oxysporum e *Verticillium alboatrum*. Tais resultados revelaram, mais uma vez, o potencial uso dos extratos de algas no controle de doenças de plantas (BENNAMARA et al., 1999).

Em outro trabalho, verificou-se que a irrigação com o extrato de *Ascophyllum nodosum* (frações aquosa, clorofórmica e etil-acética) diminuiu os sintomas de doenças causadas por *Pseudomonas syringae* (pv. tomato DC3000) e *Sclerotinia sclerotiorum* em plantas de *Arabidopsis thaliana* (foram utilizados mutantes e o tipo selvagem desta espécie) (SUBRAMANIAN et al., 2011). Foram observadas reduções de 14,0% a 22,0% na incidência de *Pseudomonas syringae* (pv. tomato DC3000) e de 1,6 a 2,1 vezes no tamanho das lesões foliares causadas por *Sclerotinia sclerotiorum*. Também foram notadas diferenças na expressão de certos genes envolvidos na defesa vegetal à patógenos (PDF-1.2, PR-1 e ICS-1). Com base nestes resultados, os autores sugerem que o extrato age através da alteração da expressão de alguns genes relacionados ao sistema de resistência dependente do ácido jasmônico, um importante hormônio vegetal.

O extrato comercial de *Ascophyllum nodosum* também diminuiu a severidade de doenças causadas por *Alternaria radicina* e *Botrytis cinerea* em folhas de cenoura (JAYARAJ et al., 2008). Após a pulverização da solução contendo o extrato desta alga (0,2%) sobre as folhas, foram observados decréscimos do índice de porcentagem da doença no 10º e 25º dias após a inoculação, com reduções de 3,88 a 57,00% para *Alternaria radicina* e 4,09 a 53,50% para *Botrytis cinerea* (quando comparados aos tratamentos em foram utilizados fungicidas ou apenas água, respectivamente). Além disso, houve incrementos da atividade de várias enzimas

(quitinase, peroxidase, polifenol oxidase, fenilalalanina amônia-liase e lipoxigenase) e da expressão de genes (PR-1, NPR-1, PR-5, dentre outros), relacionados ao combate às doenças (JAYARAJ et al., 2008).

Em um outro estudo com extrato comercial de *Ascophyllum nodosum*, foram avaliadas doses (0,5% ou 1,0%) e modos de aplicação (pulverização foliar e/ou irrigação; 2 aplicações) sobre o controle de doenças causadas por *Alternaria cucumerinum*, *Didymella applanata*, *Fusarium oxysporum* e *Botrytis cinerea* em plantas de pepino (JAYARAMAN et al., 2010). A combinação de pulverização foliar mais irrigação, a 0,5%, promoveu grandes reduções do nível de incidência sobre *Alternaria* (70%), *Didymella* (47%), *Botrytis* (46%) e *Fusarium* (88%). Neste experimento, também foi aumentada a atividade de enzimas (quitinase, peroxidase, polifenol oxidase, fenilalalanina amônia-liase e lipoxigenase) e a expressão de genes (LOX, PO e PAL) relacionados à defesa vegetal (JAYARAMAN et al., 2010).

Pesquisadores franceses, ao avaliarem o efeito do extrato da alga marinha *Laminaria digitata* sobre células de videiras, observaram que um carboidrato encontrado no extrato (denominado laminarina), é capaz de ativar respostas de defesa da planta (AZIZ et al., 2007). Deste modo, a laminarina atua como um elicitor, composto que é capaz de induzir o sistema de respostas de defesa vegetal, tal como a expressão de genes (CHIT1b, CHIT4c, GLU1, PIN, LOX, PAL dentre outros) que são responsáveis posteriormente pela síntese de enzimas (quitinase e glucanase) e outros compostos (enzimas, fitoalexinas) que têm propriedade antimicrobiana ou que participam da percepção e sinalização durante o processo de infecção, após o seu reconhecimento pela

planta. Além disso, foi mostrado que este extrato reduziu o desenvolvimento de *Botrytis cinerea* e *Plasmopara viticula* em plantas já infectadas por estes microrganismos (AZIZ et al., 2007).

Em uma pesquisa realizada por pesquisadores chilenos, foi mostrado que oligossacarídeos (um tipo de carboidrato) derivados do extrato das algas *Lessonia trabeculata*, *Lessonia vadosa* e *Schizymenia binderi* não só aumentaram a atividade de enzimas relacionadas à defesa vegetal contra patógenos, como também promoveu o crescimento de plantas de tabaco (JIMÉNES et al., 2011). Deste modo, provavelmente, os extratos de alga promovem a tolerância das plantas contra patógenos, através do aumento da expressão gênica e da atividade de algumas enzimas vegetais.

3.2.2 Nematoides

A utilização de extrato de algas em plantas pode ocasionar ainda a redução da infestação por nematoides. A aplicação de um extrato comercial a base de *Ascophyllum nodosum* em solo contendo raízes de tomate 'Ailsa Craig' diminuiu significativamente o número de indivíduos do segundo estádio juvenil de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* (WU et al., 1997, 2008). A aplicação do extrato de outra alga marinha, *Ecklonia maxima*, no solo, também reduziu a infestação por *Meloidogyne incognita* (CROUCH; VAN STADEN, 1993).

A recuperação dos ovos encontrados em plantas tratadas com extrato de alga também foi menor, quando comparado com aqueles encontrados em plantas tratadas apenas com

água (WU et al., 1997). Neste trabalho, os autores ainda descobriram evidências de que os principais compostos responsáveis por estes efeitos são as betaínas. Em outra pesquisa envolvendo a atividade nematicida, verificou-se a presença de terpenoides no extrato de *Stoechospermum marginatum,* como possíveis compostos bioativos responsáveis pelos resultados encontrados (ABID et al., 1997). A identificação de compostos bioativos é importante por que torna o uso destes produtos (extrato de algas) ou de seus derivados (como o composto propriamente dito) mais eficiente e menos oneroso.

Foi verificado que um dos mecanismos pelo qual o extrato age sobre a população de nematoides é através da redução da fecundidade das fêmeas (WHAPHMAN et al., 1994). Contudo, os efeitos dos extratos de alga no controle de nematoides podem ser indiretos, ou através de respostas vegetais (WU, 1996) ou por meio da interferência de organismos antagonistas aos nematoides, que tiveram o desenvolvimento promovido pela aplicação de extratos de algas (BECKER et al., 1988).

Em ensaios *in vitro*, os extratos das algas *Dictyota dichotoma* e *Hypnea pannosa* também tiveram efeitos letais sobre estes organismos, reduzindo em 50% o número de nematoides quando utilizados nas concentrações de 1,23 e 1,25 mg mL^{-1}, respectivamente (MANILAL et al., 2009). Nesta mesma pesquisa, foi demonstrado ainda que os extratos das algas *Caulerpa racemosa*, *Chaetomorpha antennina*, *Cheilosporum spectabile* e *Valoniopsis pachynema*, quando utilizados em concentrações que variaram de 2 a 4 mg mL^{-1}, diminuíram de 31 a 100% dos indivíduos. Abaixo, encontra-se um esquema hipotético construído a partir de informações oriundas de estudos prévios (Figura 4).

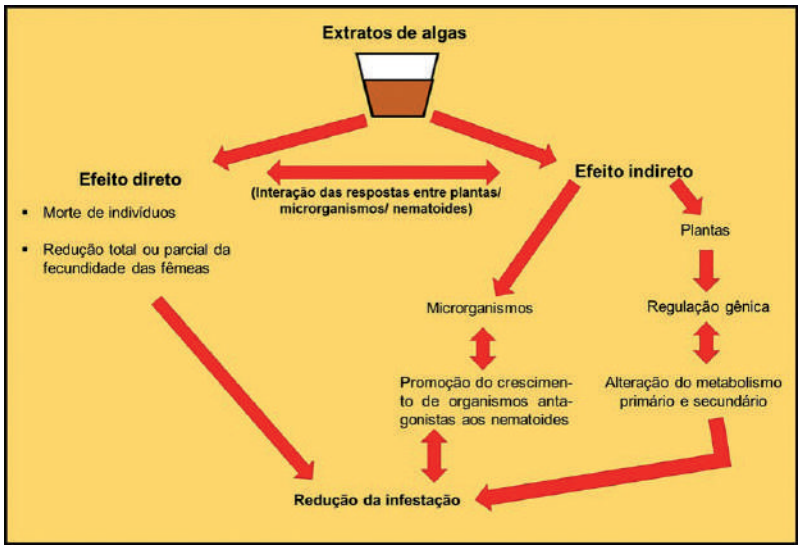


Figura 4 - Mecanismos hipotéticos de ação dos extratos de algas sobre o controle (direto e indireto) de nematoides

3.2.3 Pragas

Embora pouco explorado, os produtos à base de extratos de algas têm potencial para serem utilizados no controle de pragas. Estudos envolvendo o controle de insetos causadores de doenças aos homens apontam, por exemplo, que extratos das algas *Acrosiphonia orientalis*, *Padina tetrastromatica* e *Centroceras clavulatum* reduzem significativamente o número de larvas de *Culex quinquefasiatus* (MANILAL et al., 2009). Os autores deste trabalho afirmam que a alga *Acrosiphonia orientalis* possui potencial para o controle de mosquitos e pode ser utilizado no desenvolvimento de estratégias para biocontrole.

Os extratos feitos em éter-petróleo das algas *Acanthophora muscoides* e *Microdictyon pseudo-*

hapteron, também apresentaram resultados promissores no controle dessa mesma espécie de mosquito (DEVI et al., 1997). Os extratos etanólicos de *Enteromorpha intestinalis*, *Dictyota dichotoma* e *Acanthopora spicifera* demonstraram atividade larvicida sobre *Aedes aegypti*, sendo constatado a presença de compostos bioativos tais como saponinas e terpenoides, que podem ser responsáveis por estes resultados (RAVIKUMAR et al., 2011).

Adicionalmente, foi observado a atividade larvicida sobre *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus*, quando utilizado o extrato de *Caulerpa racemosa*, que possui em sua constituição alcaloides, flavonoides, saponinas, proteínas e açúcares (ALI et al., 2013).

4 PRODUTOS ATUALMENTE NO MERCADO

Na Tabela 3 encontra-se a denominação comercial dos produtos à base de extrato de algas que atualmente estão disponíveis no mercado brasileiro e/ou mundial.

Tabela 3 - Nome comercial e composição de alguns produtos à base de extratos de algas comercializados atualmente*

Nome comercial	Descrição
BioGain Algamino	Fertilizante organomineral à base de extrato de algas marinhas (espécie não declarada) e aminoácidos de origem vegetal
AlgaminoPlant	Mistura de extratos de algas marinhas (espécies do gênero *Sargassum*, *Laminaria*, *Ascophyllum* e *Fucus*), complementada com sais de potássio de aminoácidos (10%)
Plenno	Fertilizante mineral contendo cálcio complexado com algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*) e aminoácidos (ácido L-glutâmico),
AlgaeGreen	À base de *Ascophyllum nodosum*
Acadian	À base de *Ascophyllum nodosum*
XT	À base de *Ascophyllum nodosum*
Seasol	À base de *Durvillea potatorum*
Natural WSP	Espécie(s) de alga(s) inespecífica(s)
Goemar BM 86	À base de *Ascophyllum nodosum*
Actiwave	À base de *Ascophyllum nodosum*
Maxicrop	À base de *Ascophyllum nodosum*
Kelpak	À base de *Ecklonia maxima*
Wuxal Ascofol	Fertilizante foliar à base de *Ascophyllum nodosum*
Fartum	Espécie(s) de alga(s) inespecífica(s)
Acid Buf	À base de *Lithothamnium calcareum*
Agri-Gro Ultra	À base de *Ascophyllum nodosum*
AgroKelp	À base de *Macrocystis pyrifera*
Alg-A-Mic	À base de *Ascophyllum nodosum*
BioGenesis High Tide	À base de *Ascophyllum nodosum*
Biovita	À base de *Ascophyllum nodosum*
Emerald RMA	À base de algas vermelhas
Espoma	À base de *Ascophyllum nodosum*
Guarantee	À base de *Ascophyllum nodosum*
Kelp Meal	À base de *Ascophyllum nodosum*
Kelpro	À base de *Ascophyllum nodosum*
Kelprosoil	À base de *Ascophyllum nodosum*
Nitrozime	À base de *Ascophyllum nodosum*
Profert	À base de *Durvillea antarctica*
Sea Winner	Espécie(s) de alga(s) inespecífica(s)
Seanure	Espécie(s) de alga(s) inespecífica(s)
Soluble Seaweed Extract	À base de *Ascophyllum nodosum*
Stimplex	À base de *Ascophyllum nodosum*
Synergy	À base de *Ascophyllum nodosum*
Tasco	À base de *Ascophyllum nodosum*
Fortified Seaweed Extract	À base de *Ascophyllum nodosum*

*(adaptado de MASNY et al., 2004; PINTO et al., 2005; NABATI et al., 2008; KHAN et al., 2009; SPINELLI et al., 2009; SZABÓ, HROTKÓ, 2009; CRAIGIE, 2011; PACHOLCZAK et al., 2012; LIMBERGER; GHELLER, 2013; LOLA-LUZ et al., 2013)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos dos extratos de algas sobre o desenvolvimento e produção vegetal, assim como a forma com que alteram mecanismos fisiológicos, bioquímicos e moleculares das plantas, frente a estresses bióticos e abióticos, são instigantes. Entretanto, é fato que estes efeitos são dependentes de vários fatores, tais como: a) dose, época, modo e frequência de aplicação do produto; b) espécie e estação de coleta da alga (primavera, verão, outono ou inverno), assim como o modo de obtenção do extrato (compostos utilizados para extração); c) estado nutricional e idade da planta e d) espécie e cultivares em que o produto é aplicado.

Para dificultar, em muitos trabalhos o extrato de algas é utilizado em conjunto com outros compostos, surgindo dúvidas se o efeito observado é do extrato, do outro composto ou gerado pela combinação de ambos. Além disso, os resultados de várias pesquisas são relativamente limitados, já que são desenvolvidas em menor escala (menor número de plantas), sob condições ambientais controladas (laboratório ou casa-de-vegetação), com plantas envasadas e com espécies modelos (*Arabidopsis thaliana*, por exemplo) e/ou oriundas de regiões temperadas (espécies do gênero *Pinus*, trigo, cevada etc).

Assim, surge a necessidade da condução de trabalhos em campo e, principalmente, sob condições tropicais, para a obtenção de resultados mais próximos da nossa realidade. Em tais condições ambientais, não se sabe se elevadas

temperaturas e umidade podem interferir nas características físicas e químicas dos produtos à base dos extratos de algas, bem como, quais serão as respostas das espécies e cultivares pertencentes à regiões tropicais, pois estas possuem fisiologia, anatomia e morfologia muito distinta daquelas de ambientes temperados.

O fato é que até o momento, a maioria dos trabalhos apresentam resultados sutis, tais como aumento de compostos do metabolismo secundário, acréscimos da atividade enzimática, indução do crescimento vegetal, dentre outras respostas; mas com pouco ou nenhum efeito sobre a produtividade (resultados não significativos frente à análises estatísticas).

Desta maneira, o isolamento e caracterização dos compostos bioativos presentes em extratos das algas também tornam-se essenciais para a compreensão das respostas das plantas (que também devem ser mais estudadas) e, consequentemente, sobre o desenvolvimento de estratégias que beneficiem eficientemente (mais precisão e menos gastos) a produtividade das culturas.

REFERÊNCIAS

ABID, M.; SULTANA, V.; ZAIK, M.J.; MAQBOOL, M.A. Nematicidal properties of *Stoechospermum marginatum*, a seaweed. **Pakistan Journal of Phytopathology**, Faisalabad, v. 9, p. 143-147, 1997.

AHMED, F.F.; MANSOUR, A.E.M.; MONTASSER, M.A.A.; MERWAD, M.A.; MOSTAFA, E.A.M. Response of Valencia orange trees to foliar application of Roselle, turmeric and seaweed extracts. **Journal of Applied Sciences Research**, New York, v. 9, n. 1, p. 960-964, 2013.

ALI, M.Y.S.; RAVIKUMAR, S.; BEULA, J.M. Mosquito larvicidal activity of seaweeds extracts against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. **Asian Pacific Journal of Tropical Disease**, Beijing, v. 3, n. 3, p. 196-201, 2013.

ATZMON, N.; VAN STADEN, J. The effect of seaweed concentration on the growth of *Pinus pinea* seedlings. **New Forests**, Amsterdam, v. 8, p. 279-288, 1994.

AZIZ, A.; GAUTHIER, A.; BÉZIER, A.; POINSSOT, B.; JOUBERT, J-M.; PUGIN, A.; HEYRAUD, A.; BAILLIEUL, F. Elicitor and resistance-inducing activities of β-1,4 cello-dextrins in grapevine, comparison with β-1,3 glucans and α-1,4 oligogalacturonides. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, n. 6, p. 1463-1472, 2007.

AZIZ, N.G.A.; MAHGOUB, M.H.; SIAM, H.S. Growth, flowering and chemical constituents performance of *Amaranthus tricolor* plants as influenced by seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract application under salt stress conditions. **Journal of Applied Sciences Research**, Ma'am, v. 7, n. 11, p. 1472-1484, 2011.

BALAKRISHNAN, C.P.; KUMAR, V.; MOHAN, V.R.; ATHIPERUMALSAMI, A.T. Study on the effect of crude seaweed extracts on seedling growth and biochemical parameters in *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. **Plant Archives**, Etowah, v. 7, n. 2, p. 563-567, 2007.

BECKER, J.O.; ZAVALETAMEJIA, E.; COLBERT, S.F.; SCHROTH, M.N.; WEINHOLD, A.R.; HANCOCK, J.G.; VAN GUNDY, S.D. Effects of rhizobacteria on rootknot nematodes and gall formation. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 78, p. 1466-1469, 1988.

BENNAMARAA, A.; ABOURRICHEA, A.; BERRADAA, M.; CHARROUFA, M.; CHAIBB, N.; BOUDOUMAB, M.; GARNEAU, F.X. Methoxybifurcarenone: an antifungal and antibacterial meroditerpenoid from the brown alga *Cystoseira tamariscifolia*. **Phytochemistry**, Kidlington, v. 52, p. 37-40, 1999.

BETTONI, M.M.; ADAM, W.M.; MÓGOR, A.F. Tuberização de batata em função da aplicação de extrato de alga e cobre. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. S5256-S5260, 2008.

BETTONI, M.M.; KOYAMA, R.; PACHECO, V.C.; ADAM, W.M.; MÓGOR, A.F. Produção, classificação e perda de peso durante o armazenamento de cebola orgânica em função da aplicação foliar de extrato de algas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. S2880-S2886, 2010.

CARVALHO, M.E.A.; CASTRO, P.R.C.; GALLO, L.A.; FERRAZ JUNIOR, M.V.C. Seaweed extract provides development and production of wheat. **Agrarian**, Dourados, v. 7, p. 166-170, 2014.

CARVALHO, M.E.A.; CASTRO, P.R.C.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Seaweed extract improves the vigor and provides the rapid emergence of dry bean seeds. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science**, Dubai, v. 13, p. 1104-1107, 2013.

CECATO, A.; MOREIRA, G.C. Aplicação de extrato de algas em alface. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 2, p. 89-96, 2013.

COLAPIETRA, M.; ALEXANDER, A. Effect of foliar fertilization on yield and quality of table grapes. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 721, p. 213-218, 2006.

CRAIGIE, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 23, p. 371-393, 2011.

CRAIGIE, J.S.; MACKINNON, S.L.; WALTER, J.A. Liquid seaweed extracts identified using ^{1}H NMR profiles. **Journal of Applied Phycology**, Heidelberg, v. 20, p. 665-671, 2007.

CROUCH, J.; VAN STADEN, J. Effect of seaweed concentrate from *Ecklonia maxima* (Osbeck) Papenfuss on *Meloidogyne incognita* infestation on tomato. **Journal of Applied Phycology**, Heidelberg, v. 5, p. 37-43, 1993.

DEMIR, N.; DURAL, B.; YILDIRIM, K. Seaweed suspensions on seed germination of tomato, pepper and aubergine. **Journal of Biological Sciences**, Mumbai, v. 6, n. 6, p. 1130-1133, 2006.

DEVI, P.; SOLIMABI, W.; D'SOUZA, L.; KAMAT, S.Y. Toxic effects of coastal and marine plant extracts on mosquito larvae. **Botanica Marina**, New York, v. 40, p. 533-553, 1997.

DURAND, N.; BRIANT, X.; MEYER, C. The effect of marine bioactive substances (NPRO) and exogenous cytokinins on nitrate reductase activity in *Arabidopsis thaliana*. **Physiologia Plantarum**, Malden, v. 119, p. 489-493, 2003.

ERVIN, E.H.; ZHANG, X.; FIKE, J.H. Ultraviolet-b radiation damage on Kentucky bluegrass II: Hormone supplement effects. **HortScience**, Alexandria, v. 39, p. 1471-1474, 2004.

FERNADES, A.L.T.; SILVA, R.O. Avaliação do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) no desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro irrigado por gotejamento e cultivado em condições de cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 147-157, 2011.

FERRAZZA, D. SIMONETTI, A.P.M.M. Uso de extrato de algas no tratamento de semente e aplicação foliar, na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 3, n. 2, p. 48-57, 2010.

FORNES, F., SÁNCHEZ-PERALES, M.; GUARDIOLA, J.L. Effect of a seaweed extract on citrus fruit maturation. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 379, p. 75-82, 1995.

IGNA, R.D.; MARCHIORO, V.S. Manejo de *Ascophyllum nodosum* na cultura do trigo. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 3, n. 1, p. 64-71, 2010.

JAYARAJ, J.; WAN, A.; RAHMAN, M.; PUNJA, Z.K. Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 27, n. 10, p. 1360-1366, 2008.

JAYARAMAN, J.; NORRIE, J.; PUNJA, Z.K. Commercial extract from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* reduces fungal diseases in greenhouse cucumber. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 23, p. 353-361, 2010.

JIMÉNEZ, E.; DORTA, F.; MEDINA, C.; RAMÍREZ, A.; RAMÍREZ, I.; PEÑA-CORTÉS, H. Anti-phytopathogenic activities of macro-algae extracts. **Marine Drugs**, Basel, v. 9, p. 739-756, 2011.

KAVIPRIYA, R.; DHANALAKSHMI, P.K.; JAYASHREE, S.; THANGARAJU, N. Seaweed extract as a biostimulant for legume crop, green gram. **Journal of Ecobiotechnology**, Vidyanagar, v. 3, n. 8, p. 16-19, 2011.

KESER, M.; SWENARTON, J.T.; FOERTCH, J.F. Effects of thermal input and climate change on growth of *Ascophyllum nodosum* (*Fucales, Phaeophyta*) in eastern Long Island Sound (USA). **Journal of Sea Research**, Amsterdam, v. 54, p. 211-220, 2005.

KHAN, A.S.; AHMAD, B.; JASKANI, M.J.; AHMAD, R; MALIK, A.U. Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract improve growth and physicochemical properties of grapes. **International Journal of Agriculture and Biology**, Prague, v.14, n. 3, p. 383-388, 2012.

KHAN, W.; HILTZ, D.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Bioassay to detect *Ascophyllum nodosum* extract-induced cytokinin-like activity in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Applied Phycology**, Heidelberg, v. 23, p. 409-414, 2011.

KHAN, W.; RAYIRATH, U.P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M.N.; RAYORATH, P.; HODGES, D.M.; CRITCHLEY, A.T.; CRAIGIE, J.S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 28, p. 386-399, 2009.

KOO, R.C.J.; MAYO, S. Effects of seaweed sprays in citrus fruit production. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Science**, Tampa, v. 107, p. 82-85, 1994.

LIMBERGER, P.A.; GHELLER, J.A. Efeito da aplicação foliar de extrato de algas, aminoácidos e nutrientes via foliar na produtividade e qualidade de alface crespa. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 2, p. 14-21, 2013.

LOLA-LUZ, T., HENNEQUART, F, AND GAFFNEY M.T. Enhancement of phenolic and flavonoid compounds in cabbage (*Brassica oleracea*) following application of commercial seaweed extracts of the brown seaweed (*Ascophyllum nodosum*). **Agricultural and Food Science**, Jokioinen, v. 22, p. 288-295, 2013.

LOSI, L.C. **Uso de *Ascophyllum nodosum* para o enraizamento de microestacas de eucalipto**. 2010. 76 p. (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2010.

MACKINNON, S.L.; HILTZ, D.; UGARTE, R.; CRAFT, C.A. Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. **Journal of Applied Phycology**, Heidelberg, v. 22, p. 489-494, 2010.

MANILAL, A.; SUJITH, S.; KIRAN, G.S.; SELVIN, J.; SHAKIR, C.; GANDHIMATHI, R.; PANIKKAR, M.V.N. Biopotentials of seaweeds collected from southwest coast of India. **Journal of Marine Science and Technology**, Tokyo, v. 17, n. 1, p. 67-73, 2009.

MARTINS, D.A. **Uso de extratos à base de algas para controlar a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e a ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) do feijoeiro**. 2006. 41 p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Agronômica) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MASNY, A.; BASAK, A.; ZURAWICZ, E. Effects of foliar applications of Kelpak SL and Goëmar BM 86® preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, Pomologiczna, v. 12, p. 23-27, 2004.

NABATI, D.A.; SCMIDT, R.E.; KHALEGHI, E.S.; PARRISH, D.S. Assessment of drought stress on physiology growth of *Agrostis palustris* Huds as affected by plant bioregulators and nutrients. **Asian Journal of Plant Sciences**, Bangladesh, v. 7, n. 8, p. 717-723, 2008.

NAIR, P.; KANDASAMY, S.; ZHANG, J.; JI, X.; KIRBY, C.; BENKEL, B.; HODGES, M.D.; CRITCHLEY, A.T.; HILTZ, D.; PRITHIVIRAJ, B. Transcriptional and metabolomic analysis of *Ascophyllum nodosum* mediated freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **BMC Genomics**, London, v. 13, p. 643, 2011.

PACHOLCZAK, A.; SZYD£O, W.; ZAGÓRSKA, K.; PETELEWICZ, P. The effect of biopreparations on the rooting of stem cuttings in *Cotinus coggygria* 'Young Lady'. **Horticulture and Landscape Architecture**, Prague, v. 33, p. 33-41, 2012.

PERES, J.C.F.; CARVALHO, L. R.; GONÇALEZ, E.; BERIAN, L.O.S.; FELICIO, J.D. Evaluation of antifungal activity of seaweed extracts. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 3, p. 294-299, 2012.

PINTO, P.A.C.; SANTOS, N.G.N.; GERMINO, G.F.S.; DEON, T.D.; SILVA, A.J. Eficiência agronômica de extratos concentrados de algas marinhas na produção da alface em neossolo flúvico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. S3980-S3986, 2010.

PINTO, P.A.C.; MENDOZA, E.B.C.; PINTO, A.C.C.; ARAGAO, C.A.; DOURADO, F.W.N.; LIMA NETO, I.S. Eficiência agronômica de extrato de algas *Ascophyllum nodosum* (Natural WSP) aplicado na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005. 1 CD-ROM.

RAMYA, S.S.; NAGARAJ, S.; VIJAYANAND, N. Biofertilizing efficiency of brown and green algae on growth, biochemical and yield parameters of *Cyamopsis tetragonolaba* (L.) Taub. **Recent Research in Science and Technology**, Humnabad, v. 2, n. 5, p. 45-52, 2010.

RAVIKUMAR, S.; ALI, M.S.; BEULA, J.M. Mosquito larvicidal efficacy of seaweed extracts against dengue vector of *Aedes aegypti*. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, Beijing, S143-S146, 2011.

RAYIRATH, P.; BENKEL, B.; HODGES, D.M.; ALLAN-WOJTAS, P.; MACKINNON, S.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **Planta**, Heidelberg, v. 230, p. 135-147, 2009.

RAYORATH, P.; JITHESH, M.N.; FARID, A.; KHAN, W.; PALANISAMY, R.; HANKINS, S.D.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Rapid bioassays to evaluate the plant growth promoting activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. using a model plant, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 20, p. 423-429, 2008b.

_____ Extracts of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* induce gibberellic acid (GA_3)-independent amylase activity in barley. **Journal of Plant Growth Regulation**, Secaucus, v. 27, p. 370-379, 2008a.

RIOUX, L.E.; TURGEON, S.L.; BEAULIEU, M. Characterization of polysaccharides extracted from brown seaweeds. **Carbohydrate Polymers**, London, v. 69, p. 530-537, 2007.

SHARMA, S.H.S.; LYONS, G.; McROBERTS, C.; MCCALL, D.; CARMICHAEL, E.; ANDREWS, F.; SWAN, R. MCCORMACK, R.; MELLON, R. Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigno mungo* L.) and pak choi *(Brassica rapa chinensis* L.). **Journal of Applied Phycology**, Heidelberg, v. 24, p. 1081-1091, 2012.

SILVA, C.P.; GARCIA, K.G.V.; ROSEANO, M.S.; OLIVEIRA, L.A.A.; TOSTA, M.S. Desenvolvimento inicial de mudas de couve-folha em função do uso de extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 7-11, 2012.

SILVA, E.G.; GOMES, E.C.; SERRA, I.M.R.S.; MELO, T.A.; MONTELES, F.H.R.; RIBEIRO, J.G. Produtos naturais aplicados ao manejo da antracnose em pimentas pós-colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7., 2011, Fortaleza. **Anais...** UFRGS: Fortaleza, 2011. p. 1-4.

SPANN; T.M.; LITTLE, H.A. Applications of a commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* increases drought tolerance in container-grown 'Hamlin' sweet orange nursery trees. **Hortscience**, Alexandria, v. 46, n. 4, p. 577-582, 2011.

SPINELLI, F.; FIORI, G.; NOFERINI, M.; SPROCATTI, M.; COSTA, G. Perspectives on the use of a seaweed extract to moderate the negative effects of alternate bearing in apple trees. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Dundee, special volume, p. 131-137, 2009.

SRIDHAR, S.; RENGASAMY, S. Significance of seaweed liquid fertilizers for minimizing chemical fertilizers and improving yield of *Arachis hypogaea* under field trial. **Recent Research in Science and Technology**, Humnabad, v. 2, n. 5, p. 73-80, 2010.

STIRK, W.A.; ARTHUR, G.D.; LOURENS, A.F.; NOVAK, O.; STRNAD, M.; VAN STADEN, J. Changes in cytokinin and auxin concentrations in seaweed concentrates when stored at an elevated temperature. **Journal of Applied Phycology**, Heidelberg, v. 16, p. 31-39, 2004.

SUBRAMANIAN, S.; SANGHA, J.S.; GRAY, B.A.; SINGH, R.P.; HILTZ, D.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Extracts of the marine brown macroalga, *Ascophyllum nodosum*, induce jasmonic acid dependent systemic resistance in *Arabidopsis thaliana* against *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* DC3000 and *Sclerotinia sclerotiorum*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 131, p. 237-248, 2011.

SUNARPI, J.A.; KURNIANINGSIH, R.; JULISANIAH, N.I.; NIKMATULLAH, A. Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. **Nusantara Bioscience**, Surakarta, v. 2, p. 73-77, 2010.

SZABÓ, V.; HROTKÓ, K. Preliminary results of biostimulator treatments on *Crataegus* and *Prunus* stockplants. **Bulletin UASVM Horticulture**, Cluj-Napoca, v. 66, n. 1, p. 223-228, 2009.

TARAKHOVSKAYA, E.R.; MASLOV Y, I.; SHISHOVA, M.F. Phytohormones in algae. **Russian Journal of Plant Physiology**, Moscow, v. 54, p. 163-170, 2007.

UGARTE, R.A.; SHARP, G.; MOORE, B. Changes in the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Plant morphology and biomass produced by cutter rake harvests in southern New Brunswick, Canada. **Journal of Applied Phycology**, Heidelberg, v. 18, p. 351-359, 2006.

WHAPHAM, C.A.; JENKINS, T.; BLUNDEN, G.; HANKINS, S.D. The role of seaweed extracts, *Ascophyllum nodosum*, in the reduction in fecundity of *Meloidogyne javanica*. **Fundamental Applied Nematology**, Leiden, v. 17, p. 181-183, 1994.

WU, Y. **Biologically active compounds in seaweed extracts**. 1996. 100 p. Thesis (PhD in Biomedicine) - University of Portsmouth, Portsmouth, 1996.

WU, Y.; JENKINS, T.; BLUNDEN, G.; VON MEND, N.; HANKINS, S.D. Suppression of fecundity of the rootknot nematode, *Meloidogyne javanica*, in monoxenic cultures of *Arabidopsis thaliana* treated with an alkaline extract of *Ascophyllum nodosum*. **Journal of Applied Phycology**, Heidelberg, v. 10, p. 91-94, 1998.

WU, Y.; JENKINS, T.; BLUNDEN, G.; WHAPHAM, C.; HANKINS, S.D. The role of betaines in alkaline extracts of *Ascophyllum nodosum* in the reduction of *Meloidogyne javanica* and *M. incognita* infestations of tomato plants. **Fundamental and Applied Nematology**, Paris, v. 20, p. 99-102, 1997.

ZHANG, X.; ERVIN, E.H. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 1737-1745, 2004.

_____. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. **Crop Science**, Madison, v .48, p. 364-370, 2008.

ZHANG, X.; SCHMIDT, R.E. Antioxidant response to hormone-containing product in Kentucky bluegrass subjected to drought. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 545-551, 1999.

ZHANG, X.; SCHMIDT, R.E.; ERVIN, H.E.; DOAK, S. Creeping bentgrass physiological responses to natural plant growth regulators and iron under two regimes. **Hortscience**, Alexandria, v. 37, n. 6, p. 898-902, 2002.

ZODAPE, S.T.; MUKHERJEE, S. REDDY, M.P.; CHAUDHARY, D.R. Effect of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex Silva. extract on grain quality, yield and some yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). **International Journal of Plant Production**, Gorgan, v. 3, p. 97-102, 2009.

ZODAPE, S.T.; MUKHOPADHYAY, S.; ESWARAN, K.; REDDY, M.P.; CHIKARA, J. Enhanced yield and nutritional quality in green gram (*Phaseolus radiata* L) treated with seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) extract. **Journal of Scientific and Industrial Research**, Bangladesh, v. 69, p. 468-471, 2010.

ZODAPE, S.T.; GUPTA, A.; BHANDARI, S.C.; RAWAT, U.S.; CHAUDHARY, D.R.; ESWARAN, K.; CHIKARA, J. Foliar application of seaweed sap as bioestimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Journal of Scientific, Industrial and Research of India**, Bangladesh, v. 70, n. 3, p. 215-219, 2011.

INFORMAÇÕES AOS AUTORES

A Série Produtor Rural é editada desde 1997 pela Divisão de Biblioteca da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP e tem como objetivo publicar textos acessíveis aos produtores com temas diversificados e informações práticas, contribuindo para a Extensão Rural.

Pode publicar

- Pesquisadores e docentes da ESALQ e CENA;
- Alunos cujos textos serão revisados por orientadores ou quem o Presidente da Comissão de Cultura e Extensão designar;
- Demais pesquisadores, porém, com a chancela da Comissão de Cultura e Extensão que avaliará os textos previamente.

Requisitos para publicação

- Texto redigido em Word, com linguagem simples, acessível e didática a ser encaminhado para: referencia.esalq@usp.br
- Ilustrações e figuras em alta resolução, facilitando a compreensão do texto.

www.esalq.usp.br/biblioteca/publicacao.php

COMO ADQUIRIR

Para adquirir as publicações, depositar no Banco do Brasil, Agência 0056-6, C/C 306.344-5 o valor referente ao(s) exemplare(s), acrescido de R$ 7,50 para o envio, posteriormente enviar via fax (19) 3429-4340, e-mail ou correspondência o comprovante de depósito, o(s) título(s) da(s) publicação(ões), nome e endereço completo para fazermos o envio, ou através de cheque nominal à Universidade de São Paulo - ESALQ.

Acesse nosso site

www.esalq.usp.br/biblioteca

Série Produtor Rural

USP/ESALQ/DIBD

A Série Produtor Rural é editada desde 1997 pela Divisão de Biblioteca da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP e tem como objetivo publicar textos acessíveis aos produtores com temas diversificados e informações práticas, contribuindo para a Extensão Rural.