

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre o desenvolvimento e  
produção de cultivos**

**Márcia Eugênia Amaral de Carvalho**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fisiologia e  
Bioquímica de Plantas

**Piracicaba  
2013**

Márcia Eugênia Amaral de Carvalho  
Bacharel em Ciências Biológicas

**Efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre o desenvolvimento e produção de  
cultivos**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **PAULO ROBERTO DE CAMARGO E  
CASTRO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fisiologia e  
Bioquímica de Plantas

**Piracicaba  
2013**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Carvalho, Márcia Eugênia Amaral de

Efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre o desenvolvimento e produção de cultivos / Márcia Eugênia Amaral de Carvalho. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.

69 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Extrato de alga 2. Desenvolvimento vegetal 3. Plantas cultivadas - Produtividade  
I. Título

CDD 633  
C331e

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

**Dedico** este trabalho primeiramente a Deus, por ter me dado sabedoria e fornecido esta imensa vontade que possuo em aprender.

Aos meus pais, João Bosco e Simone, aos meus irmãos, Lílian, Joana e João Bosco Jr., e à minha avó Jacira, fontes de minha inspiração e força em vencer.

Ao professor Paulo R. C. Castro, pelos incentivos em todos os momentos, pela paciência e pela presença.

À dona Dalva e ao 'seu' Antônio, pelo carinho, exemplos e apoio.

Ao Marcos Vinícius de Castro Ferraz Jr., pela compreensão, motivação e amor.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conduzir anteriormente, agora e, tenho confiança, que no futuro também o fará.

Aos meus dedicados pais, João Bosco e Simone, aos meus esforçados irmãos, Lílian, Joana e João Bosco Jr., e à minha querida avó Jacira, por todos os sacrifícios que fizeram e fazem por mim.

Ao professor Paulo R. C. Castro, pelos ensinamentos acadêmico e pessoal.

À dona Dalva e ao 'seu' Antônio, pelo acolhimento e carinho.

Ao Marcos Vinícius de Castro Ferraz Jr. e sua família, pelo imenso apoio e compreensão.

Aos meus grandes amigos dos variados cursos da pós-graduação da ESALQ, em especial à Luciane Siqueira pela amizade e auxílios diversos.

Às minhas amigas de longa data, Juliana Vieira e Aline Almeida que, mesmo a distância, estavam sempre a disposição para me ouvir e aconselhar.

Às queridas Solizéte e Lú, secretárias dos programas de pós-graduação em Fisiologia e Bioquímica de Plantas e Fitotecnia, respectivamente, pela compreensão, incentivos e carinho durante o meu mestrado.

Ao João, vulgo Zunga, pelos auxílios durante a instalação e condução dos experimentos.

Aos professores que ministraram as disciplinas que cursei durante o mestrado, pelo esforço em transmitir conhecimentos.

**A todos que me incentivaram, apoiaram e auxiliaram, muito obrigada!**



“O homem que trabalha faz a terra produzir;  
O trabalho multiplica os dons que nós **devemos** repartir”

Autor desconhecido





## SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO .....	15
1.1 Extrato de <i>Ascophyllum nodosum</i> .....	15
1.2 Importância das culturas estudadas .....	18
Referências .....	20
2 GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO SOB EFEITO DO EXTRATO DE <i>Ascophyllum nodosum</i> .....	25
Resumo.....	25
Abstract.....	25
2.1 Introdução .....	26
2.2 Material e Métodos .....	27
2.2.1 Teste de germinação .....	27
2.2.2 Teste de emergência de plântulas .....	27
2.2.3 Índices de velocidade de germinação e de emergência .....	28
2.2.4 Massa seca de plântulas.....	28
2.2.5 Procedimentos estatísticos .....	28
2.3 Resultados e Discussão .....	29
2.4 Conclusões .....	32
Referências .....	33
3 DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA ‘TMG 115 RR’ TRATADA COM EXTRATO DE <i>Ascophyllum nodosum</i> .....	37
Resumo.....	37
Abstract.....	37
3.1 Introdução .....	38
3.2 Material e Métodos .....	39
3.3 Resultados e Discussão .....	40
3.4 Conclusões .....	45
Referências .....	46
4 DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DO MILHO ‘IMPACTO’ TRATADO COM EXTRATO DE <i>Ascophyllum nodosum</i> .....	49
Resumo.....	49
Abstract.....	49
4.1 Introdução .....	50
4.2 Material e Métodos .....	50
4.3 Resultados e Discussão .....	52
4.4 Conclusões .....	55
Referências .....	56
5 DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DO TRIGO ‘IAC 364’ TRATADO COM EXTRATO DE <i>Ascophyllum nodosum</i> .....	59
Resumo.....	59
Abstract.....	59
5.1 Introdução .....	60
5.2 Material e Métodos .....	60
5.3 Resultados e Discussão .....	62
5.3.1 Germinação e parâmetros biométricos .....	62
5.3.2 Teor de pigmentos foliares e atividade da nitrato redutase .....	64
5.3.3 Componentes da produção .....	66
5.4 Conclusões .....	67

Referências.....68

## RESUMO

### **Efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre o desenvolvimento e produção de cultivos**

Com o objetivo de melhorar o desempenho de culturas agrícolas, a utilização de extratos de algas tem aumentado, principalmente por ser uma alternativa ao uso de fertilizantes e por ser ecologicamente correta. A alga marinha *Ascophyllum nodosum* destaca-se dentre as espécies comumente empregadas para esta finalidade, e tem sido muito estudada por suas propriedades que incluem desde a promoção de crescimento vegetal ao uso na alimentação humana e animal. Numerosos estudos têm revelado vários efeitos benéficos da aplicação de extratos de algas em plantas, tais como a precocidade germinativa de sementes e de seu estabelecimento, melhoria do desempenho e da produtividade vegetal e elevada resistência a estresses bióticos e abióticos. Múltiplos processos fisiológicos, bioquímicos e genéticos estão envolvidos nas respostas dos vegetais e os efeitos observados a partir das aplicações podem ser diretos ou indiretos. Entretanto, os mecanismos de ação do extrato de *A. nodosum* ainda são pouco conhecidos e a sua elucidação é importante para a elaboração de estratégias que favoreçam o aumento da produtividade vegetal. Deste modo, torna-se relevante o estudo dos efeitos do extrato de alga sobre a fisiologia do crescimento, desenvolvimento e produtividade de espécies utilizadas em grandes culturas. O milho, a soja, o trigo e o feijão figuram entre as 10 culturas com maiores áreas de cultivo e volumes de produção no Brasil. Todas possuem múltiplas utilidades, alcançando relevância econômica e social não somente para este país, como também para o mundo, e por isso foram escolhidas para este estudo.

Palavras-chave: Extrato de alga; Produtividade; Desenvolvimento vegetal



## ABSTRACT

### **Effects of *Ascophyllum nodosum* extract on the crop development and yield**

Aiming to improve the crop performance, the use of seaweed extracts has increased mainly because it is an alternative to the use of fertilizers and for being environmentally friendly. The seaweed *Ascophyllum nodosum* stands out among the species commonly employed for this purpose, and has been widely studied for its properties, which provide the plant growth as well as food for human and animals. Many studies have shown several beneficial effects of seaweed extracts in plants, such as the early germination of seeds and their establishment, improving the crop performance and productivity and a high resistance to biotic and abiotic stresses. Multiple physiological processes, biochemical and genetic factors are involved in the plant responses and the effects observed from applications can be direct or indirect. However, the action mechanisms of the *A. nodosum* extract are still poorly understood and their elucidation is important to develop strategies that provide higher plant productivity. Thus, it is important to study the seaweed extract effects on the physiology of the growth, development and yield of species used in crops. Corn, soybean, wheat and bean were chosen for this study due to their multiple uses and for being among the 10 crops that have the largest areas of cultivation and production volume in Brazil; achieving social and economic relevance not only for this country but also for the world.

Keywords: Seaweed extract; Yield; Plant development



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Extrato de *Ascophyllum nodosum*

Com a finalidade de melhorar o desempenho de culturas agrícolas, a utilização de extratos de algas tem crescido, principalmente por ser alternativa ao uso de fertilizantes e por ser ecologicamente correta (NORRIE; HILTZ, 1999; KHAN et al., 2009; CRAIGIE, 2011; JAYARAMAN; NORRIE; PUNJA, 2011; KUMAR; SAHOO, 2011). Uma parcela considerável dos produtos derivados dos mais de 15 milhões de toneladas métricas de algas marinhas colhidas anualmente é utilizada como bioestimulante na agricultura, sendo contabilizados cerca de 25 produtos comercializados até o momento (FAO, 2012; KHAN et al., 2009).

*Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis destaca-se dentre as espécies de algas marinhas comumente empregadas para esta finalidade (UGARTE; SHARP; MOORE, 2006), e tem sido muito estudada por suas propriedades que incluem desde a promoção de crescimento vegetal ao uso na alimentação humana e animal (COLAPIETRA; ALEXANDER, 2006; DI FAN et al., 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; RAYORATH et al., 2009), onde a temperatura da água não excede 27 °C (KESER et al., 2005).

Numerosos estudos têm revelado vários efeitos benéficos da aplicação de extratos de algas em plantas, tais como a precocidade germinativa de sementes e de seu estabelecimento, melhoria do desempenho e da produtividade vegetal e elevada resistência a estresses bióticos e abióticos (KHAN et al., 2009; ZHANG; ERVIN, 2008; CRAIGIE, 2011; JAYARAMAN; NORRIE; PUNJA, 2011; KUMAR; SAHOO; 2011).

Os bioestimulantes derivados do extrato de *A. nodosum* são constituídos por citocininas, auxinas, giberelinas, betaínas e alginatos (MACKINNON et al., 2010; RIOUX; TURGEON; BEAULIEU, 2007; TARAKHOVSKAY; MASLOV; SHISHOVA, 2007; DURAND; BRIANT; MEYER, 2003; RAYORATH et al., 2008; STIRK; VAN STADEN, 1997), existindo ainda substâncias não identificadas que possuem atividade similar a de alguns hormônios vegetais (KHAN et al., 2009; RAYORATH et al., 2008). Além disso, são encontrados compostos orgânicos e inorgânicos, como demonstrado na Tabela 1, que também apresenta algumas especificações físicas do extrato líquido de *A. nodosum*.



Tabela 1 – Especificações físicas e químicas do extrato líquido comercial de *A. nodosum*, de acordo com o rótulo do Acadian® *Marine plant extract* (Acadian Agritech)

<b>Dados físicos</b>	
Aparência	Líquido viscoso marron-escuro
Odor	Odor marinho
Solubilidade em água	100%
pH	7,8 - 8,2
<b>Análises discriminatórias</b>	
Matéria orgânica	13,00 - 16,00 %
Nitrogênio total (N)	0,30 - 0,60%
Fosfato disponível (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	< 0,1 %
Potássio solúvel (K <sub>2</sub> O)	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
<b>Aminoácidos (1,01%)</b>	
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%

Os extratos de alga podem ser aplicados através da pulverização foliar, irrigação do solo, tratamento de sementes ou em combinação de duas ou mais formas (MACKINNON et al., 2010; LINGAKUMAR et al., 2004; THIRUMARAN et al., 2009). Tanto o método utilizado quanto as dosagens, frequências e épocas de aplicação influenciam a resposta

vegetal e variam de acordo com a espécie, cultivar, estação do ano e localização geográfica (MASNY; BASAK; ZURAWICZ, 2004; CRAIGIE, 2011).

A utilização do extrato de *A. nodosum* foi determinante para o aumento da germinação e do vigor de sementes de cevada, tomate, pimenta e berinjela (RAYORATH et al., 2008; DEMIR; DURAL; YILDIRIM, 2006). Em sementes de cevada, foi ainda descoberto que a aplicação do extrato desta alga promove a atividade de uma amilase independente de giberelina, que é responsável pela utilização da energia armazenada no endosperma amilífero, auxiliando a germinação e o desenvolvimento do eixo embrionário, aumentando deste modo o potencial germinativo (RAYORATH et al., 2008).

O extrato de *A. nodosum* também foi capaz de melhorar o conteúdo foliar de macronutrientes, promover o crescimento e aumentar a tolerância ao estresse hídrico em videiras (MANCUSO et al., 2006). Quando pulverizado em conjunto com nitrogênio e boro, incrementou significativamente o tamanho das azeitonas e a qualidade do azeite (CHOULIARAS et al., 2009). Também foi relatado que os componentes lipofílicos do extrato de *A. nodosum* foram capazes de aumentar a tolerância ao frio em *Arabidopsis thaliana* (RAYIRATH et al., 2009). A aplicação do extrato de *A. nodosum* ainda incrementou a produtividade e melhorou a qualidade dos frutos de pimentão, uva ‘Thompson’ e morango, sendo relatado também o acréscimo do tamanho e peso médio dos frutos do morangueiro (AMOROS et al., 2004; ROUSSOS et al., 2009; NORRIE; KEATHLEY, 2006).

Além de incrementar a produtividade e estar relacionada ao aumento da tolerância à estresses abióticos, a aplicação do extrato de *A. nodosum* também está envolvida com a tolerância vegetal à estresses bióticos (JAYARAMAN; NORRIE; PUNJA, 2011). Plantas de pepino tratadas com extrato de *A. nodosum* apresentaram menor incidência das doenças causadas por *Didymella applanata*, *Fusarium oxysporum* e *Botrytis cinerea*, e exibiram acréscimo da atividade de enzimas relacionadas à defesa vegetal (tais como quitinase, peroxidase, polifenol oxidase e lipoxigenase), gerando evidências de que o aumento da tolerância à doenças em pepino provavelmente ocorre através da ativação de genes ou aumento da atividade de enzimas de defesa da planta induzidas pelo extrato (JAYARAMAN; NORRIE; PUNJA, 2011). Diferentes tipos de extratos desta alga (aquoso, clorofórmico e acetato-etílico) também induziram a resistência sistêmica dependente do ácido jasmônico, composto envolvido na resistência basal das plantas contra vários patógenos (VAN PIETERSE et al., 1996). Em *Arabidopsis thaliana*, este efeito foi observado contra *Pseudomonas syringae* e *Sclerotinia sclerotiorum* (SUBRAMANIAN et al., 2011).

Estes resultados sugerem que os compostos bioativos existentes nos extratos de alga melhoram o desempenho das plantas e elicitam a tolerância aos estresses abióticos e bióticos (KHAN et al., 2009). Múltiplos processos fisiológicos, bioquímicos e genéticos estão envolvidos nas respostas vegetais e os efeitos observados a partir de aplicações podem ser diretos ou indiretos (KHAN et al., 2009). Entretanto, os mecanismos de ação do extrato de *A. 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). Deste modo, torna-se relevante o estudo dos efeitos do extrato de alga sobre a fisiologia do crescimento, desenvolvimento e sobre a produtividade de espécies utilizadas em grandes culturas.

## 1.2 Importância das culturas estudadas

O milho, a soja, o trigo e o feijão figuram entre as 10 culturas com maiores áreas de cultivo e volume de produção no Brasil (IBGE, 2012). Todas possuem múltiplas utilidades, alcançando relevância econômica e social não somente para este país, como também para o mundo (FREITAS, 2001; VICENTE et al., 2012; COSTA NETO et al., 2000; FAOSTAT, 2010; BOFF, 2010).

Evidências sugerem que o milho (*Zea mays* L.) tenha sido cultivado na América do Sul desde o ano 2.500 antes de Cristo (GOODMAN, 1978), existindo indícios que sua presença se encontra relacionada à presença do próprio homem (FREITAS, 2001). Atualmente, o milho é produzido em 125 países, em uma área total de 153 milhões de hectares (FAOSTAT, 2010), sendo utilizado como fonte proteica, energética e para a ração animal (VICENTE et al., 2012). O Brasil é o terceiro maior produtor e consumidor deste insumo, cultivado em 15 milhões de hectares, com produção de 73 milhões de toneladas de grãos (PATERNIANI et al., 2012). Pela sua versatilidade de uso e pelo aspecto social, o milho é um dos mais importantes produtos do setor agrícola no Brasil (DUARTE, 2006).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a oleaginosa mais importante cultivada no globo, possuindo enorme expressão econômica e alimentar, já que é utilizada pela agroindústria, indústria química e de alimentos, sendo também empregada com fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO et al., 2000; NEPOMUCENO et al., 2007). Dentre as grandes culturas, é a única que apresenta estimativa de aumento da área de cultivo no Brasil em 2013 (área que compreenderá entre 26,42 e 27,33 milhões de hectares), sendo também o destaque da estimativa de produção, que poderá alcançar até 16,43 milhões de toneladas (CONAB, 2012).

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie mais cultivada entre as demais do gênero *Phaseolus*. Pequenos e grandes produtores, em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras plantam feijão e, assim sendo, ele possui grande relevância econômica e social no Brasil (YOKOYAMA, 2003). O Brasil é o segundo maior produtor deste grão e tem a produção estimada em 3.527.421 toneladas para o ano de 2012 (IBGE, 2011; FAOSTAT, 2012). É a leguminosa mais consumida neste país e o segundo alimento mais ingerido pelos brasileiros, ficando atrás apenas do café (IBGE, 2011). É um alimento com comprovadas propriedades nutritivas, utilizado em dietas de combate à fome e à desnutrição, possuindo conteúdo proteico, elevado teor de fibra, vitaminas e carboidratos que tornam o seu consumo altamente vantajoso como alimento funcional, representando importante fonte de nutrientes, energia e atuando na prevenção de distúrbios cardiovasculares e vários tipos de câncer (YOKOYAMA, 2003).

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma das primeiras espécies domesticadas pelo homem e tem sido fundamental na base alimentar da humanidade (CAIERÃO, 2009). É uma cultura difundida mundialmente pelos inúmeros derivados obtidos de sua industrialização, que vão desde a farinha para a fabricação de massas, do farelo usado na alimentação animal, até o gérmen utilizado na indústria farmacêutica, produção de óleos e dietéticos (BOFF, 2010). No Brasil, o trigo é o cereal de inverno de maior importância, sendo cultivado principalmente nos estados da região Sul (CAIERÃO, 2009).

## Referências

- AMOROS, A.; ZAPATA, P.; PRETEL, M.T.; BOTELLA, M.A.; ALMANSA, M.S.; SERRANO, M. Role of naphthalene acetic acid and phenothiol treatments on increasing fruit size and advancing fruit maturity in loquat. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.101, p.387–398, 2004.
- BOFF, J.T. **Épocas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em componentes de produção em trigo**. 2010. 51p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Agronomia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2010.
- CAIERÃO, E. Introdução. In: PIRES, J.L.F.; MARTINS, M.R.C.; PIMENTEL, M.B.M. (Ed.). **Cultivo do trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA, 2009, cap.1, p.1.
- CHOULIARAS, V; TASIOULA, M.; CHATZISSAVVIDIS, C.; THERIOS, I.; TSABOLATIDOU, E. The effects of a seaweed extract in addition to nitrogen and boron fertilization on productivity, fruit maturation, leaf nutritional status and oil quality of the olive (*Olea europaea*) cultivar Koroneiki. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Bognor Regis, v.89, p.984–988, 2009.
- COLAPIETRA, M.; ALEXANDER, A. Effect of foliar fertilization on yield and quality of table grapes. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.721, p.213–218, 2006.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, outubro 2012 / Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília: CONAB, 2012. 36p.
- COSTA NETO, P.R.; ROSSI, L.F.S.; ZAGONEL, G.F.; RAMOS, L.P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, São Paulo, v.23, p.531-537, 2000.
- CRAIGIE, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.23, p.371-393, 2011.
- DEMIR, N.; DURAL, B.; YILDIRIM, K. Effect of seaweed suspensions on seed germination of tomato, pepper and aubergine. **Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v.6, p.1130–1133, 2006.
- DI FAN, D.; HODGES M.; ZHANG J.; KIRBY C.W.; XIUHONG J.C., STEVEN J.; LOCKE S.J.; CRITCHLEY A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* enhances phenolic antioxidant content of spinach (*Spinacia oleracea* L.) which protects *Caenorhabditis elegans* against oxidative and thermal stress. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.124, p.195–202, 2011.
- DUARTE, J.O. Importância econômica. In: **Cultivo do milho**. CRUZ, J.C.; VERSIANI, R.P.; FERREIRA, M.T.R (Ed.). Sete Lagoas: EMBRAPA, 2006, cap.1, p. 10.
- 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.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Year Book of Fisheries and Aquaculture Statistics**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012. 401p.

FAOSTAT - Statistics Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> >. Acesso em: 2 nov., 2012.

FREITAS, F.O. **Estudo genético-evolutivo de amostras modernas e arqueológicas de milho (*Zea mays mays*, L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.)**. 2001. 125p. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

GOODMAN, M.M. História e origem do milho. In PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba: Marprint, 1987. p. 13.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE. Out. 2012. 88p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE. 2011. 150p.

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, 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, 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**, Secaucus, v.28, p.386–399, 2009.

KUMAR, G.; SAHOO, D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.23, p.251-255, 2011.

LINGAKUMAR, K.; JEYAPRAKASH, R.; MANIMUTHU, C.; HARIBASKAR, A. *Gracilaria edulis* and effective as a growth regulator for legume crops. **Seaweed Research and Utilisation**, Chennai, v.24, p.117-123, 2002.

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

MANCUSO, S.; AZZARELLO, E.; MUGNAI, S.; BRIAND, X. Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants. **Advances in Horticultural Science**, Florence, v.20, p.156-161, 2006.

MASNY, A; BASAK, A; ZURAWICZ, E. Effects of foliar applications of Kelpak SL and Göemar BM 86<sup>®</sup> preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, Skierniewice, v.12, p.23–27, 2004.

NEPOMUCENO, M; ALVES, P.L.C.A.; DIAS, T.C.S.; PAVANI, M.C.M.D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, Jaboticabal, v. 25, p. 43-50, 2007.

NORRIE J.; KEATHLEY J.P. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to ‘Thompson Seedless’ grape production. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.727, p.243–245, 2006.

NORRIE, J.; HILTZ, D.A. Agricultural applications using *Ascophyllum* seaweed products. **Agro-Food Industry Hi-Tech**, Milan, v.2, p.15-18, 1999.

PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; DUARTE, A.P.; TSUNECHIRO, A. (Ed.). **Diversidade e inovações na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos**. Campinas: Instituto Agrônomo / Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. 780p.

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, 2008.

RAYORATH, P.; KHAN, W.; PALANISAMY, R.; MACKINNON, S.L.; STEFANOVA, R.; HANKINS, S.D.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Extracts of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* induce gibberellic acid (GA<sub>3</sub>)-independent amylase activity in barley. **Journal of Plant Growth Regulation**, Secaucus, v.27, p.370–379, 2008.

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

ROUSSOS, P.A.; DENAXA, N.K., DAMVAKARIS, T. Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.119, p.138–146, 2009.

STIRK, W.A.; VAN STADEN. Comparison of cytokinin and auxin-like activity in some commercially used seaweed extract. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.8, p.503–508, 1997.

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.

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

THIRUMARAN, G.; ARUMUGAM, M.; ARUMUGAM, R.; ANANTHARAMAN, P. Effect of seaweed liquid fertilizer on growth and pigment concentration of *Abelmoschus esculentus medikus*. **American-Eurasian Journal of Agronomy**, Dubai, v.2, p.57–66, 2009.

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**, Dordrecht, v.18, p.351–359, 2006.

VAN PIETERSE, C.M.J.; WEES, S.C.M.; VAN HOFFLAND, E., PELT, J.A.; VAN LOON, L.C. Systemic resistance in *Arabidopsis* induced by biocontrol bacteria independent of salicylic acid accumulation and pathogenesis related gene expression. **The Plant Cell**, Rockville, v.8, p.1225–1237, 1996.

VICENTE, F.S.; ATLIN, G.; DAS, B.; TRACHSEL, S.; MAHUKU, G.; NARRO, L. Estratégia de melhoramento de milho do CIMMYT para a América Latina tropical. In: PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; DUARTE, A.P.; TSUNECHIRO, A. (Ed.). **Diversidade e inovações na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos**. Campinas: Instituto Agrônomo; Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. cap.2, p.20.

YOKOYAMA, L.P. Importância econômica. In: AIDAR, H. (Ed.). **Cultivo do feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2003. cap.1, p.1.

ZHANG, X.; ERVIN, E.H. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. **Crop Science**, Madison, v.48, p.364–370, 2008.





## 2 GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO SOB EFEITO DO EXTRATO DE *Ascophyllum nodosum*

### Resumo

Estandes adequados podem ser obtidos com a utilização de extratos de alga em sementes, propiciando melhor estabelecimento em campo e diminuindo as perdas na produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre a germinação, desenvolvimento inicial e vigor de sementes de feijão ‘Alvorada’. As sementes foram imersas em solução contendo extrato de *A. nodosum* na concentração de 0,8 mL L<sup>-1</sup> por 5, 10, 15 e 20 minutos. Para efeito de comparação, algumas sementes também foram imersas em água por 5, 10, 15 e 20 minutos, sendo ainda avaliadas sementes que não receberam nenhum tratamento (controle). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 9 tratamentos e 4 repetições de 50 sementes. Os testes de germinação em rolo de papel e de emergência em areia foram realizados para a avaliação da massa seca e porcentagem de plântulas normais e dos índices de velocidade de germinação e de emergência. Sementes imersas em extrato de *A. nodosum* apresentaram porcentagem de plântulas emergentes na avaliação inicial superior ao controle (acréscimo de até 28,45%;  $p < 0,0001$ ), independentemente do tempo. Contudo, apenas sementes imersas por 15 minutos em extrato de alga exibiram índice de velocidade de emergência superior ( $p = 0,0157$ ). Conclui-se que o vigor de sementes do feijão ‘Alvorada’ é aumentado após a imersão em solução contendo extrato de *A. nodosum* por 15 minutos, devido ao incremento do número de plântulas com potencial de estabelecimento em campo e à redução do tempo de emergência, promovendo a formação homogênea do estande.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; Extrato de alga; Qualidade fisiológica de sementes

### Abstract

Homogeneous stands can be obtained with the use of seaweed extracts on seeds, providing better establishment in the field and reducing losses in the production. The objective of this study was to evaluate the effects of *Ascophyllum nodosum* extract on the germination, vigor and early development of ‘Alvorada’ bean seeds. Seeds were immersed in a solution containing *A. nodosum* extract at a concentration of 0.8 mL L<sup>-1</sup> for 5, 10, 15 and 20 minutes. For comparison, some seeds were also soaked in water for 5, 10, 15 and 20 minutes, and seeds that received no treatment (control) were also evaluated. The experimental design was completely randomized with 9 treatments and 4 replications of 50 seeds. Germination tests in paper roll and sand were performed to evaluate the dry weight and percentage of normal seedlings, and the speed index of germination and emergence. Seeds soaked in seaweed extract showed percentage of normal seedlings emerging at the first assessment higher than the control ( $p < 0.0001$ ), regardless the time of immersion. However, only seeds immersed for 15 minutes in seaweed extract exhibited speed index of emergence higher than the control ( $p = 0.0157$ ). It is concluded that the vigor of ‘Alvorada’ bean seeds are increased after immersion in the solution with extract of *A. nodosum* for 15 minutes, due to the increase in the number of seedlings, which establish potentially in the field, and the reduction of the emergence time, promoting the formation of homogeneous stand.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*; Seaweed extract; Physiological quality of seeds

## 2.1 Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura de grande expressão econômica para o Brasil, o segundo maior produtor mundial (FAOSTAT, 2012). Cultivado em todas as unidades da federação brasileira, tem a produção estimada em 3.527.421 toneladas para o ano de 2012. É um alimento com comprovadas propriedades nutritivas, utilizado em dietas de combate à fome e à desnutrição, possuindo conteúdo proteico, teor de fibra, vitaminas e carboidratos elevados, que tornam o seu consumo altamente vantajoso como alimento (YOKOYAMA, 2003). É a leguminosa mais consumida no Brasil e o segundo alimento mais ingerido pelos brasileiros, ficando atrás apenas do café (IBGE, 2011).

Numerosos estudos têm revelado vários efeitos benéficos da aplicação de extratos de algas em plantas, tais como a precocidade germinativa de sementes e de seu estabelecimento, melhoria do desempenho e da produtividade vegetal e elevada resistência a estresses bióticos e abióticos (KHAN et al., 2009; ZHANG; ERVIN, 2008; CRAIGIE, 2011; JAYARAMAN; NORRIE; PUNJA, 2011; KUMAR; SAHOO, 2011).

Os bioestimulantes derivados do extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis são constituídos por citocininas, auxinas, giberelinas, betaínas e alginatos (MACKINNON et al., 2010; RIOUX; TURGEON; BEAULIEU, 2007; TARAKHOVSKAY; MASLOV; SHISHOVA, 2007; DURAND; BRIANT; MEYER, 2003; RAYORATH et al., 2008; STIRK; VAN STADEN, 1997), existindo ainda compostos não identificados que possuem atividade similar a de alguns hormônios vegetais (KHAN et al., 2009; RAYORATH et al., 2008). Por isso, ainda que em pequenas quantidades, este extrato pode ter efeito positivo sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal (KHAN et al., 2009; CRAIGIE, 2011), aumentando, por exemplo, a germinação e o vigor de sementes de cevada, tomate, pimenta e berinjela (RAYORATH et al., 2008; DEMIR; DURAL; YILDIRIM, 2006).

Embora o método consagrado para avaliar a capacidade de germinação de sementes, denominado teste de germinação, seja muito útil (BRASIL, 2009), ele não informa sobre o vigor e emergência em campo (GUISCHEM et al., 2010) e para tanto, dois ou mais testes diferentes de vigor devem ser utilizados (MARCOS FILHO, 2005). Deste modo, visando o aumento da porcentagem de germinação e do vigor das sementes, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do tempo de imersão de sementes de feijão 'Alvorada' em solução de extrato de *A. nodosum* quando submetidas aos testes de germinação em rolo de papel e de emergência em areia.

## 2.2 Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida no laboratório de Análises de Sementes do Departamento de Produção Vegetal, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” em junho de 2011, com sementes de feijão cultivar Alvorada. Neste experimento, foram avaliados 9 tratamentos representados por sementes não tratadas (controle - tempo 0), sementes imersas em água por 5, 10, 15 e 20 minutos e sementes imersas em solução contendo extrato comercial de *A. nodosum* (Acadian<sup>®</sup>) na concentração de 0,8 mL L<sup>-1</sup> por 5, 10, 15 e 20 minutos. Em seguida, as sementes imersas foram espalhadas sobre a bancada do laboratório, ficando expostas a temperatura e umidade ambiente durante 30 minutos para secagem. Posteriormente, as sementes foram submetidas aos testes de germinação e de emergência em areia e avaliadas quanto à velocidade de germinação e massa seca de plântulas.

### 2.2.1 Teste de germinação

Este teste foi conduzido em germinador a  $25 \pm 2$  °C com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento (BRASIL, 2009). As sementes foram distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel toalha e cobertas com uma terceira folha (rolo de papel), umedecidas com um volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. As avaliações foram realizadas no quinto e nono dias após a semeadura, para determinação da porcentagem de plântulas normais nas avaliações inicial e final. As plântulas que desenvolveram todas as estruturas essenciais do embrião foram classificadas como normais, segundo critérios indicados nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

### 2.2.2 Teste de emergência de plântulas

Para o teste de emergência de plântulas em areia, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, semeadas a 2 cm de profundidade, em caixas plásticas contendo areia de textura média, lavada, esterilizada em estufa a 105 °C e, posteriormente, umedecida a 60% da sua capacidade de retenção de água. O teste foi conduzido em ambiente desprovido de controles da temperatura e da umidade relativa do ar. As avaliações foram realizadas no sexto e décimo primeiro dias após a semeadura, para a determinação da porcentagem de plântulas emergentes nas avaliações inicial e final. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais que são aquelas com todas as suas estruturas essenciais da parte aérea bem desenvolvidas, completas e sadias, para cada tratamento.

### 2.2.3 Índices de velocidade de germinação e de emergência

Para obtenção destes índices, as avaliações foram executadas concomitantemente aos testes de germinação e emergência em areia, diariamente nos mesmos horários. Com os dados diários do número de plântulas normais germinadas e emergentes, os índices de velocidade de germinação e de emergência foram calculados, respectivamente, segundo Maguire (1962) como demonstrado na fórmula abaixo:

$$IV = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \frac{E_3}{N_3} + \dots + \frac{E_n}{N_n}$$

Onde: IV = índice de velocidade;

$E_1, E_2, E_n$  = número de plântulas normais computadas na primeira, segunda e última contagem;

$N_1, N_2, N_n$  = número de dias da sementeira à primeira, à segunda e à última contagem.

As avaliações foram realizadas até o nono dia no teste de germinação e o décimo primeiro no teste de emergência em areia.

### 2.2.4 Massa seca de plântulas

Para a obtenção da massa seca de plântulas, quatro repetições de 10 sementes foram utilizadas. Este teste foi efetuado em germinador, nas mesmas condições do teste de germinação. As plântulas foram coletadas cinco dias após a sementeira, em seguida, foram embaladas em sacos de papel e levadas para uma estufa por 72 horas a 60 ° C, para a determinação da massa radicular, da parte aérea e massa seca total da plântula, que foram expressas em gramas (g).

### 2.2.5 Procedimentos estatísticos

Os dados obtidos foram analisados segundo delineamento inteiramente casualizado e submetidos à análise de variância (ANAVA) a 5% de probabilidade. Em seguida, foi utilizado o teste de Duncan ( $\alpha \leq 5\%$ ) para comparação de médias, pelo software estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2006). Os dados referentes ao índice de velocidade de emergência foram transformados para  $x^{6,3}$  para o atendimento das pressuposições estatísticas para a realização da ANAVA. Após as análises, os dados foram convertidos de volta para a escala original (COMPTON, 1994), para facilitar a comparação dos resultados entre os tratamentos.

### 2.3 Resultados e Discussão

A porcentagem de plântulas germinadas (nas avaliações inicial e final) e emergentes (avaliação final), o índice de velocidade de germinação e a massa seca de plântulas não foram influenciados (Tabela 1). Contudo, a porcentagem de plântulas emergentes na primeira avaliação e o índice de velocidade de emergência diferiram significativamente entre os tratamentos (Figuras 1 e 2).

Apesar de não terem sido encontradas diferenças para a porcentagem de sementes germinadas e para a massa seca de plântulas no presente trabalho, Sivasankari et al. (2006) relataram discrepâncias significativas para estas variáveis em sementes de *Vigna sinensis* tratadas com o extrato da alga marrom *Sargassum wightii*, que promoveu notável aumento na germinação e incremento de biomassa alocada em plântulas em relação ao controle (SIVASANKARI et al., 2006). Contudo, em tal experimento as variáveis foram obtidas a partir de testes laboratoriais, com uso de metodologia que se aproxima à do teste de germinação. No entanto, embora o teste de germinação se apresente como um método consagrado para avaliar a capacidade germinativa (BRASIL, 2009); ele não informa sobre o vigor, longevidade e emergência em campo (GUISCHEM et al., 2010).

Como sementes com capacidade germinativa semelhante, quando avaliadas pelo teste de germinação, podem ter desempenho diferente em campo, existe a necessidade de se complementar as informações fornecidas com a utilização de testes de vigor (MARCOS FILHO, 2005).

Definido como um conjunto de propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme das plântulas no campo sob condições ambientais diversas, o vigor pode ser baseado no desempenho das plântulas (AOSA, 2009). A primeira contagem do teste de germinação, o índice de velocidade de germinação e a massa seca das plântulas podem ser utilizados para avaliar o vigor de sementes (NAKAGAWA, 1999), contudo tais parâmetros não foram afetados após os tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 - Efeito do tempo de imersão em extrato de *A. nodosum* ou em água sobre a porcentagem de plântulas emergentes (PNA), porcentagem de plântulas normais germinadas na avaliação inicial (PCG) e final (PNG), índice de velocidade de germinação (IVG) e massa seca de raízes (MSR), da parte aérea (MSP) e total (MST). As variáveis foram obtidas de avaliações do quinto ao nono dia após a semeadura para o teste de germinação e do sexto ao décimo primeiro para o teste de emergência em areia

Tratamentos	Variáveis						
	PNA (%)	PCG (%)	PNG (%)	IVG (plântulas dia <sup>-1</sup> )	MSR (g plântula <sup>-1</sup> )	MSP (g plântula <sup>-1</sup> )	MST (g plântula <sup>-1</sup> )
Controle	83 ± 2,2	78 ± 3,4	86 ± 1,1	13,9 ± 0,19	0,11 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,36 ± 0,02
Água 5 min.	78 ± 6,9	81 ± 1,0	88 ± 3,5	14,3 ± 0,44	0,12 ± 0,01	0,26 ± 0,03	0,38 ± 0,04
Água 10 min.	83 ± 3,5	78 ± 3,3	86 ± 1,1	14,2 ± 0,42	0,08 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,27 ± 0,02
Água 15 min.	85 ± 3,1	79 ± 2,4	86 ± 1,1	13,7 ± 0,35	0,11 ± 0,00	0,23 ± 0,01	0,34 ± 0,01
Água 20 min.	75 ± 6,1	73 ± 4,6	79 ± 3,7	12,8 ± 0,65	0,11 ± 0,01	0,20 ± 0,02	0,31 ± 0,03
Extrato 5 min.	87 ± 1,3	82 ± 1,9	88 ± 1,5	14,3 ± 0,23	0,12 ± 0,01	0,26 ± 0,03	0,38 ± 0,04
Extrato 10 min.	84 ± 1,0	82 ± 1,9	90 ± 3,4	14,5 ± 0,47	0,11 ± 0,01	0,25 ± 0,02	0,36 ± 0,03
Extrato 15 min.	89 ± 1,3	80 ± 3,5	89 ± 2,2	14,4 ± 0,40	0,12 ± 0,01	0,24 ± 0,03	0,36 ± 0,04
Extrato 20 min.	85 ± 5,2	77 ± 3,7	86 ± 1,1	13,9 ± 0,21	0,12 ± 0,02	0,24 ± 0,04	0,36 ± 0,06
C.V. (%)	9,26 <sup>ns</sup>	7,53 <sup>ns</sup>	5,63 <sup>ns</sup>	5,83 <sup>ns</sup>	20,26 <sup>ns</sup>	21,57 <sup>ns</sup>	20,83 <sup>ns</sup>

Média ± erro padrão; ns: não significativo.

Todavia, sementes imersas em extrato de alga apresentaram porcentagem de plântulas emergentes em areia, na primeira avaliação, superior ao controle (acréscimo de até 28,45%;  $p < 0,0001$ ), independentemente do tempo de imersão (Figura 1).

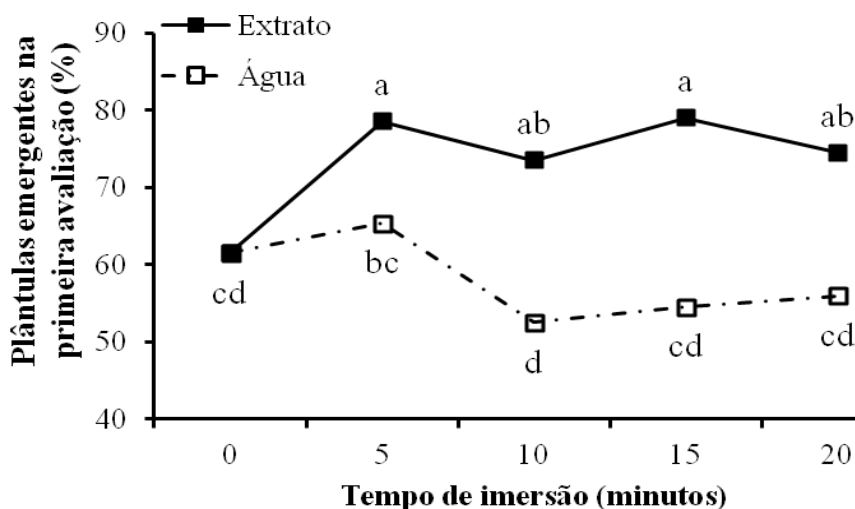


Figura 1 - Efeito do tempo de imersão em extrato de *A. nodosum* ou em água, sobre a porcentagem de plântulas emergentes na primeira avaliação de sementes de feijão 'Alvorada', determinada seis dias após a semeadura. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Duncan (5%)

Além disso, sementes imersas por 15 minutos apresentaram o maior valor para o índice de velocidade de emergência (Figura 2).

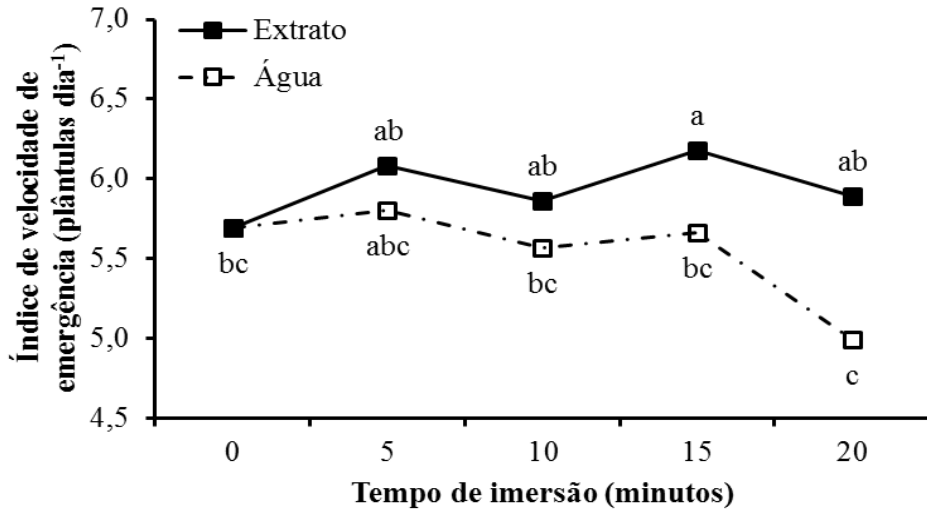


Figura 2 - Efeito do tempo de imersão em extrato de *A. nodosum* ou em água, sobre o índice de velocidade de emergência de plântulas de feijão 'Alvorada', avaliado do sexto ao décimo primeiro dia após a semeadura. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Duncan (5%)

Estes resultados corroboram com os relatados por Khan et al. (2009) e Craigie (2011), nos quais pequenas quantidades de extrato de alga afetam o metabolismo celular vegetal, influenciando positivamente o crescimento e desenvolvimento, provavelmente devido à existência de hormônios vegetais e outros compostos bioativos no extrato de *A. nodosum* (KHAN et al., 2009; HONG; HIEN; SON, 2007; XAVIER; JESUDASS, 2007)

Sementes com elevada atividade metabólica originam plântulas com altas taxas de crescimento e rápida emergência em campo, possivelmente devido à capacidade em translocar suas reservas para o desenvolvimento do eixo embrionário (AOSA, 2009; MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009). Consequentemente, sementes com rápida germinação e elevado vigor originam plantas que cobrem rapidamente o solo, aproveitando com mais eficiência a radiação ambiental, promovendo a formação homogênea do estande, diminuindo a possibilidade da ocorrência de plantas invasoras e, por conseguinte, evitando a redução da produção de grãos (MAIA et al., 2011).

Além disso, a predisposição de sementes e plântulas às condições ambientais adversas e ao ataque de patógenos devido à lentidão na germinação tende a diminuir (MAGALHÃES; DURÃES, 2006), já que o extrato de *A. nodosum* promove a rápida emergência de um grande número de plântulas do feijão 'Alvorada'.



## 2.4 Conclusões

Pode-se concluir que a imersão de sementes de feijão 'Alvorada' em solução contendo extrato de *A. nodosum* 0,8 mL L<sup>-1</sup> por 15 minutos aumenta o vigor das sementes por incrementar o número de plântulas com potencial de estabelecimento em campo e reduzir o tempo de emergência.

## Referências

- AOSA - Association of Official Seed Analysts. **Seed vigor testing handbook**. New York: AOSA. 2009. 340p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
- COMPTON, M.E. Statistical methods suitable for the analysis of plant tissue culture data. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v.37, p.217–242, 1994.
- CRAIGIE, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.23, p.371-393, 2011.
- DEMIR, N.; DURAL, B.; YILDIRIM, K. Effect of seaweed suspensions on seed germination of tomato, pepper and aubergine. **Journal of Biological Sciences**, New York, v.6, p.1130–1133, 2006.
- 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.
- FAOSTAT- Statistics Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 2 nov, 2012.
- GUISCHEM, J.M.; FARIAS, A.S.; FIGUEIREDO, R.T.; CHAVES, A.M.S.; FIGUEIREDO, B.T.; PEREIRA, C.F.; ARAÚJO, J.R.G.; MARTINS, M.R. Teste de frio e envelhecimento acelerado na avaliação de vigor de sementes de feijão-frade. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.33, p.182-191, 2010.
- HONG, D.D.; HIEN, H.M.; SON, P.N. Seaweeds from Vietnam used for functional food, medicine and biofertilizer. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.19, p.817–826, 2007.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de orçamentos familiares- 2008-2009**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=197&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=197&id_pagina=1)>. Acesso em: 25 de fev. 2012.
- 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, 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**, Secaucus, v.28, p.386–399, 2009.
- KUMAR, G.; SAHOO, D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.23, p.251-255, 2011.

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

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. Ecofisiologia. In: . CRUZ, J.C.; VERSIANI, R.P.; FERREIRA, M.T.R (Ed.). **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2006. cap.4, p. 2.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, p.76-177, 1962.

MAIA, L.G.S.; SILVA, C.A.; RAMALHO, M.A.R.P.; ABREU, A.F.B. Genetic variability associated with germination and seed vigor of common bean lines. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, p.361-367, 2011.

MARCOS FILHO, J. Avaliação do potencial fisiológico de sementes. In: \_\_\_\_\_ **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. p.463,467.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A.L.P.; LIMA, L.B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, p.102-112, 2009.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.2, p.2-15

RAYORATH, P.; KHAN, W.; PALANISAMY, R.; MACKINNON, S.L; STEFANOVA, R.; HANKINS, S.D.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Extracts of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* induce gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) independent amylase activity in barley. **Journal of Plant Growth Regulation**, Secaucus, v.27, p.370–379, 2008.

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

SAS INSTITUTE, **SAS 9.1**. Cary: SAS Institute, 2006.

SIVASANKARI, S.; VENKATESALU, V.; ANANTHARAJ, M.; CHANDRASEKARAN, M. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of *Vigna sinensis*. **Bioresource Technology**, Amsterdam, p.1745–1751, 2006.

STIRK, W.A.; VAN STADEN. Comparison of cytokinin and auxin-like activity in some commercially used seaweed extract. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.8, p.503-508, 1997.

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

XAVIER, S.A.; JESUDASS, L.L. Effect of seaweed extract on cluster beans, **Seaweed Research and Utilization**, Cambridge, v.29, p.85-87, 2007.

YOKOYAMA, L.P. Importância econômica. In: **Cultivo do feijoeiro comum**. AIDAR, H (Ed.). Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2003. cap.1, p.1.

ZHANG, X.; ERVIN, E.H. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. **Crop Science**, Madison, v.48, p.364–370, 2008.



### 3 DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA ‘TMG 115 RR’ TRATADA COM EXTRATO DE *Ascophyllum nodosum*

#### Resumo

Com a finalidade de melhorar o desempenho de culturas agrícolas, a utilização de extratos de alga tem crescido, principalmente por se constituir numa alternativa ao uso de fertilizantes e por ser ecologicamente correta. A soja é a oleaginosa mais importante cultivada no globo, possuindo enorme expressão econômica e alimentar. Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de doses crescentes (0, 25, 50, 100, 250 e 500 mL) do extrato comercial de *Ascophyllum nodosum*, através do tratamento de sementes, sobre parâmetros biométricos e de produção da soja ‘TMG 115 RR’. Sementes tratadas com 50, 100 e 250 mL do extrato de alga originaram plântulas com as maiores taxas de crescimento de raízes, resultando em comprimento radicular total superior ao controle ( $p < 0,001$ ), com incrementos de 29,35; 59,26 e 34,43%, respectivamente. Contudo, o crescimento da parte aérea vegetal, dada pela altura, pouco variou em relação ao controle na maioria das avaliações. Em relação aos componentes de produção, foi observado aumento do número de grãos após o tratamento com dose igual ou superior a 50 mL ( $p < 0,001$ ), com incremento que variou de 8,51 a 37,83 %. Entretanto, apenas os tratamentos com 50 e 100 mL do extrato de *A. nodosum* promoveram acréscimos da massa seca de grãos ( $p < 0,001$ ), da ordem de 20,07 e 31,13%, respectivamente. O tratamento das sementes da soja ‘TMG 115 RR’ com extrato de *A. nodosum* promove o desenvolvimento vegetal. Entre as doses testadas, 100 mL do extrato desta alga em 100 kg de sementes apresenta a maior eficiência, pois aumenta as taxas do crescimento radicular e incrementa todos os componentes de produção estudados.

Palavras-chave: *Glycine max*; Extrato de alga; Desenvolvimento vegetal

#### Abstract

Aiming to improve the crop performance, the use of seaweed extracts is growing, especially for being an alternative to the use of fertilizers and environmentally friendly. Soybean is the most important economically oilseed crop grown in the world. The objective of this study was to evaluate the effects of increasing doses (0, 25, 50, 100, 250 and 500 mL) of the *Ascophyllum nodosum* extract, through seed treatment on biometric and production parameters of the ‘TMG 115 RR’ soybean. Seeds treated with 50, 100 and 250 mL of the seaweed extract reached the highest rates of root growth, resulting in total root length higher than the control ( $p < 0.001$ ), increasing 29.35, 59.26 and 34.43%, respectively. However, the shoot height did not change when compared to the control, in most evaluations. Regarding the production components, the increase in the number of grains was observed after treatment with a dose higher than or equal to 50 mL ( $p < 0.001$ ), ranging from 8.51 to 37.83%. However, only the treatments with 50 and 100 mL of the *A. nodosum* extract provide increase of the grain dry mass ( $p < 0.001$ ), 20.07 and 31.13%, respectively. The treatment of ‘TMG 115 RR’ soybean seeds with *A. nodosum* extract provides plant growth. Among the tested doses, 100 mL of this seaweed extract in 100 kg of seeds has the highest efficiency, increasing the rates of root growth and the production of all the studied components.

Keywords: *Glycine max*; Seaweed extract; Plant development

### 3.1 Introdução

A soja é a oleaginosa mais importante cultivada no globo, possuindo enorme expressão econômica (NEPOMUCENO et al., 2007). Com bom valor comercial e forte mercado consumidor, ganhou rapidamente a adesão dos produtores, experimentando um acelerado aumento de área de cultivo (FRANCO, 2004). Dentre as grandes culturas, é a única que apresenta estimativa de aumento da área de plantio no Brasil em 2013 (área que compreenderá entre 26,42 e 27,33 milhões de hectares), sendo também o destaque da estimativa de produção, que poderá alcançar até 16,43 milhões de toneladas (CONAB, 2012).

Com o intuito de melhorar o desempenho de culturas agrícolas, a utilização de extratos de alga tem crescido, principalmente por ser alternativa ao uso de fertilizantes e por ser ecologicamente correta (NORRIE; HILTZ, 1999; KHAN et al., 2009; CRAIGIE, 2011; JAYARAMAN; NORRIE; PUNJA, 2011; KUMAR; SAHOO, 2011).

Os extratos de alga podem ser aplicados através da pulverização foliar, irrigação do solo, tratamento de sementes ou em combinação de duas ou mais formas (MACKINNON et al., 2010; LINGAKUMAR et al., 2002; THIRUMARAN et al., 2009). Quando utilizado através do tratamento de sementes, pode auxiliar no estabelecimento inicial e aumentar o potencial de produção das culturas (KHAN et al., 2009; CRAIGIE, 2011). Tanto o método utilizado quanto as dosagens, frequências e épocas de aplicação influenciam a resposta vegetal e variam de acordo com a espécie, cultivar, estação do ano e localização geográfica (MASNY; BASAK; ZURAWICZ, 2004; CRAIGIE, 2011).

A alga marinha *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis destaca-se entre as espécies comumente empregadas para esta finalidade (UGARTE et al., 2006) e tem sido amplamente estudada por ser capaz de promover o crescimento vegetal e aumentar a produtividade das plantas (COLAPIETRA; ALEXANDER, 2006), induzindo também a tolerância a diversos estresses bióticos e abióticos (KHAN et al., 2009).

Existem vários estudos em que a germinação de sementes, o desenvolvimento de plantas e a qualidade dos frutos foram beneficiados pela aplicação do extrato de *A. nodosum* (KHAN et al., 2009; CRAIGIE, 2011; JAYARAMAN; NORRIE; PUNJA, 2011; KUMAR; SAHOO, 2011). Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de doses crescentes do extrato comercial de *A. nodosum*, através do tratamento de sementes, sobre parâmetros biométricos e de produção da soja.

### 3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), no sudeste do Brasil, durante os meses de outubro de 2010 a março de 2011. Sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cv. TMG 115 RR foram tratadas com 6 doses crescentes (0, 25, 50, 100, 250 e 500 mL em 100 kg de sementes) do extrato comercial da alga *A. nodosum* (Acadian<sup>®</sup>), para posteriores análises biométricas e dos componentes de produção.

As sementes (100g) foram colocadas no interior de embalagens plásticas (uma para cada tratamento) e, sobre elas, o extrato de alga foi aspergido. Posteriormente, as embalagens foram infladas com ar e, em seguida, foi iniciada a agitação das mesmas até o ponto em que foi observada a cobertura uniforme das sementes pelo produto. Em seguida, as sementes foram postas para secar durante 20 minutos à sombra.

As sementes foram plantadas em rizotrons com 80 centímetros de comprimento e capacidade de 20 dm<sup>3</sup>, preenchidos com substrato arenoso, para a determinação do crescimento da raiz principal. Em cada rizotron, foram mantidas 2 plântulas para a avaliação diária do comprimento radicular médio, que se iniciou a partir da emissão da radícula por todas as sementes, considerado como o primeiro dia (D1), e se estendeu até quando a primeira raiz atingiu o fundo do rizotron (décimo dia, D10). O comprimento radicular total correspondeu à soma dos comprimentos radiculares diários encontrados durante o período de avaliação, sendo todos apresentados em centímetros (cm).

Para a determinação da altura da parte aérea e dos componentes de produção, sementes de soja tratadas foram colocadas em vasos plásticos, com capacidade de 20 dm<sup>3</sup> preenchidos com substrato composto por argila, areia e matéria orgânica (esterco de curral) na proporção de 2:2:1 (v:v:v), respectivamente. Após o plantio de 10 sementes, o desbaste foi efetuado 10 dias após a semeadura (DAS), mantendo-se 2 plantas por vaso, sob condições ambientais. Adicionalmente, foi realizada a irrigação com 5 mL L<sup>-1</sup> do extrato de alga em todos os vasos que possuíam plantas oriundas de sementes já tratadas com o produto, aos 30, 60 e 90 DAS.

A altura da parte aérea vegetal (cm) foi avaliada quinzenalmente, dos 29 aos 86 DAS, e determinada pela distância entre o colo e a extremidade do meristema apical da parte aérea, sendo obtida através da média aritmética dos valores encontrados nas 2 plantas de cada vaso. No fim do ciclo (126 DAS), as vagens foram colhidas para a determinação do número total de vagens por vaso, e em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para estufa por 72 h a 70 ± 5°C, para a obtenção da massa seca de vagens e, posteriormente, de grãos,



ambas expressas em gramas (g). O número de grãos por vaso (soma do total produzido pelas duas plantas que compunham o vaso) também foi calculado.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 6 tratamentos (doses do extrato) e 6 repetições para a determinação do crescimento radicular e 7 repetições para as demais variáveis. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANAVA,  $p \leq 0,05$ ), com posterior comparação de médias pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade, através do programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2006). Os dados referentes ao comprimento radicular total (CRT) foram transformados para  $x = \text{CRT}^2$ , a massa seca de grãos (MSG) para  $x = \text{MSG}^{0,5}$ , a massa seca de vagens (MSV) para  $x = (\text{MSV} - 1)^{9,8}$  e o número de grãos (NG) para  $x = \text{NG}^{12,9}$ , para o atendimento das pressuposições estatísticas para a realização da ANAVA. Após as análises, os dados foram convertidos de volta para a escala original (COMPTON, 1994), para facilitar a comparação dos resultados entre os tratamentos.

### 3.3 Resultados e Discussão

O comprimento radicular, a altura das plantas e os componentes de produção diferiram significativamente entre os tratamentos (Tabelas 1, 2 e Figuras 1, 2 e 3).

Segundo Khan et al. (2009) e Craigie (2011), ainda que em pequenas quantidades, este extrato pode ter efeito positivo sobre o crescimento vegetal, pois os bioestimulantes derivados do extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis são constituídos por vários hormônios (MACKINNON et al., 2010; RIOUX; TURGEON; BEAULIEU, 2007; TARAKHOVSKAY; MASLOV; SHISHOVA, 2007; RAYORATH et al., 2008), existindo também outros compostos não identificados que possuem atividade similar a de alguns hormônios vegetais (KHAN et al., 2009; RAYORATH et al., 2008); logo, sendo capaz de alterar o desenvolvimento vegetal.

Sementes tratadas com 100 mL de extrato de alga apresentaram os maiores crescimentos radiculares diários (Tabela 1), refletindo positivamente sobre o comprimento radicular total (Figura 1), que exibiu um incremento de 59,26% em relação ao controle. Os tratamentos com 50 e 250 mL do extrato de *A. nodosum* também promoveram acréscimos significativos ( $p < 0,001$ ) no comprimento radicular total, sendo notado um aumento de 29,35 e 34,43%, respectivamente (Figura 1).

Tabela 1 - Efeito das doses do extrato de *A. nodosum* (mL/100 kg de sementes) sobre o crescimento radicular diário (CR), em centímetros (cm), de plântulas da soja 'TMG 115 RR', do primeiro (D1) ao décimo dia de avaliação (D10)

Doses	Variáveis				
	CR D1	CR D2	CR D3	CR D4	CR D5
0	2,93 ± 0,23 bc	4,58 ± 0,68 b	1,54 ± 0,33 d	2,40 ± 0,34	3,27 ± 0,51
25	2,75 ± 0,19 c	5,33 ± 0,68 ab	1,92 ± 0,29cd	2,87 ± 0,50	3,67 ± 0,74
50	3,62 ± 0,18 ab	5,17 ± 0,43 ab	2,29 ± 0,08 bc	3,36 ± 0,23	3,63 ± 0,43
100	3,73 ± 0,25 a	6,63 ± 0,35 a	3,58 ± 0,05 a	3,32 ± 0,30	4,28 ± 0,22
250	3,46 ± 0,35 abc	5,33 ± 0,44 ab	2,54 ± 0,20 bc	3,79 ± 0,47	3,87 ± 0,23
500	2,85 ± 0,26 bc	4,00 ± 0,19 b	2,77 ± 0,30 b	3,18 ± 0,36	2,90 ± 0,12
C.V. (%)	18,95*	23,39*	23,56***	29,48 <sup>ns</sup>	29,31 <sup>ns</sup>

Doses	Variáveis				
	CR D6	CR D7	CR D8	CR D9	CR D10
0	2,91 ± 0,48 b	3,42 ± 0,20	3,29 ± 0,74 c	2,37 ± 0,56 c	2,96 ± 0,24 b
25	3,82 ± 0,41 b	3,54 ± 0,39	4,92 ± 0,61 ab	3,22 ± 0,42 bc	3,42 ± 0,49 b
50	3,58 ± 0,24 b	4,00 ± 0,44	4,79 ± 0,51 abc	4,37 ± 0,19 ab	3,57 ± 0,23 b
100	4,92 ± 0,42 a	4,79 ± 0,32	6,04 ± 0,28 a	5,22 ± 0,37 a	4,75 ± 0,34 a
250	3,45 ± 0,33 b	4,37 ± 0,59	5,25 ± 0,42 ab	4,42 ± 0,47 ab	3,41 ± 0,33 b
500	3,09 ± 0,14 b	3,30 ± 0,19	3,71 ± 0,42 bc	3,75 ± 0,16 b	3,15 ± 0,27 b
C.V. (%)	38,06*	24,02 <sup>ns</sup>	27,24*	24,47***	22,67*

Média ± erro padrão. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan (5%). \*\*\*: significativo a 0,001, \*\*: significativo a 0,01, \*: significativo a 0,05 e ns: não significativo. Média ± erro padrão.

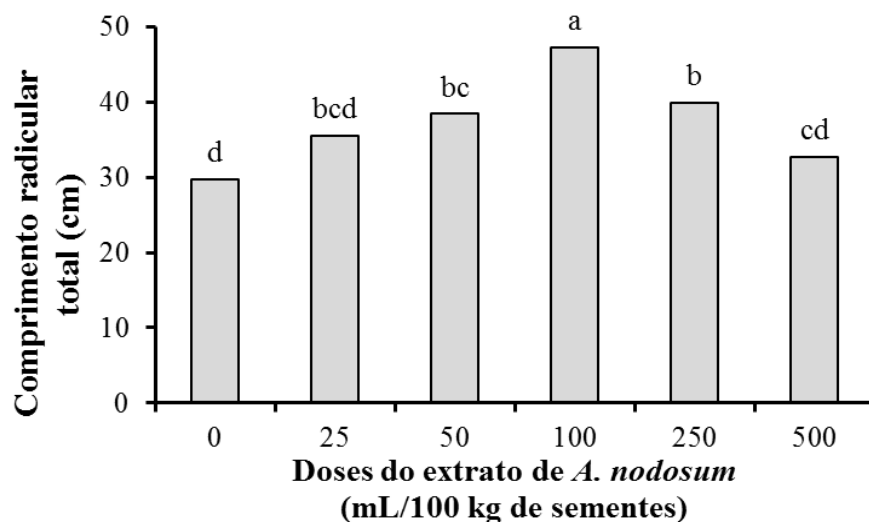


Figura 1 - Efeito das doses do extrato de *A. nodosum* sobre o comprimento radicular total da soja 'TMG 115 RR' dez dias após a semeadura. Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Duncan (5%)

Os resultados encontrados neste trabalho podem estar relacionados à presença da auxina no extrato de *A. nodosum*, sendo responsável pela promoção do alongamento de raízes mesmo em baixas concentrações (SANDERSON et al., 1987; SALISBURY; ROSS, 2012). Após sua identificação em 1987, e o relato da presença de compostos que possuíam atividade similar à de auxinas no extrato comercial desta alga (STIRK; VAN STADEN, 1997), existem indícios que o mecanismo de ação destes compostos com atividade auxínica ocorre através da regulação da expressão de genes que levam à produção de auxinas endógenas nas plantas, induzindo o alongamento radicular vegetal (RAYORATH et al., 2008).

Também foram relatados incrementos de até 16,97% no comprimento radicular de plantas de *Cyamopsis tetragonoloba*, uma leguminosa comestível muito cultivada na Índia, oriundas de sementes tratadas com extrato da alga marrom *Rosenvingea intricata* (THIRUMARAN et al., 2009).

Após o tratamento de sementes de *Vigna sinensis* com o extrato da alga marrom *Sargassum wightii*, também foi notado acréscimo significativo do comprimento radicular, que aumentou de 63,55% (valor próximo ao encontrado neste trabalho) a 93,37% (SIVASANKARI et al., 2006).

Quanto ao desenvolvimento da parte aérea, foram observadas diferenças significativas na altura das plantas, sendo notado que sementes que receberam a dose de 500 mL apresentaram altura inferior ao controle aos 29 e 58 DAS (Tabela 3).

Tabela 2 - Efeito das doses do extrato de *A. nodosum* (mL/100 kg de sementes) sobre o crescimento em altura da parte aérea, em centímetros (cm), das plantas de soja 'TMG 115 RR' do vigésimo nono ao octagésimo sexto dia após a semeadura (DAS)

Doses	Variáveis				
	Altura 29 DAS	Altura 43 DAS	Altura 58 DAS	Altura 72 DAS	Altura 86 DAS
0	27,60 ± 0,57 a	58,64 ± 0,98 ab	93,96 ± 1,19 a	125,77 ± 2,05	148,73 ± 3,98 abc
25	28,96 ± 0,58 a	60,20 ± 0,69 ab	93,34 ± 2,78 a	123,91 ± 3,74	141,26 ± 6,07c
50	27,80 ± 0,59 a	59,47 ± 1,21 ab	95,63 ± 2,62 a	126,73 ± 4,02	157,00 ± 4,83 ab
100	28,37 ± 0,91a	60,11 ± 1,16 a	95,67 ± 1,56 a	133,20 ± 1,48	159,30 ± 1,47 a
250	28,63 ± 0,36 a	59,14 ± 1,05 ab	92,97 ± 1,63 a	125,71 ± 1,21	143,91 ± 4,86 bc
500	25,63 ± 0,86 b	55,24 ± 1,16 b	84,10 ± 2,99 b	116,16 ± 5,81	141,36 ± 6,25 c
C.V. (%)	6,38*	4,67*	6,39**	33,60 <sup>ns</sup>	8,63*

Média ± erro padrão. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan (5%).  
 \*\*: significativo a 0,01, \*: significativo a 0,05 e ns: não significativo.

Plantas de *Cyamopsis tetragonoloba* também exibiram redução na altura da parte aérea após o tratamento das sementes com soluções que apresentavam concentrações elevadas do extrato da alga marrom *Rosenvingea intricata* (THIRUMARAN et al., 2009). Por outro lado, o tratamento de sementes de *V. sinensis* com extrato de *S. wightii*, promoveu o desenvolvimento da parte aérea das plântulas, quando avaliadas aos 15 DAS (SIVASANKARI et al., 2006).

Nas demais avaliações (43, 72 e 86 DAS), não foram observadas diferenças entre controle e os demais tratamentos. Porém, existem diferenças entre plantas oriundas de sementes tratadas, onde aquelas que receberam 100 mL exibiram altura superior, com aumento que variou de 8,10 a 11,32%, indicando que soluções mais concentradas do que esta podem afetar negativamente o desenvolvimento de plantas de soja ‘TMG 115 RR’.

Apesar da impressão de que elevadas doses possam ser prejudiciais ao desenvolvimento da parte aérea, o mesmo não é válido quando se analisa o número de grãos produzidos, já que sementes tratadas com dose igual ou maior do que 50 mL de extrato de *A. nodosum* apresentaram número de grãos superior ao controle (8,51 a 37,83%), sendo notado que o número de grãos cresce substancialmente após o tratamento com 50 mL e é máximo com 100 mL do extrato de *A. nodosum* (Figura 2).

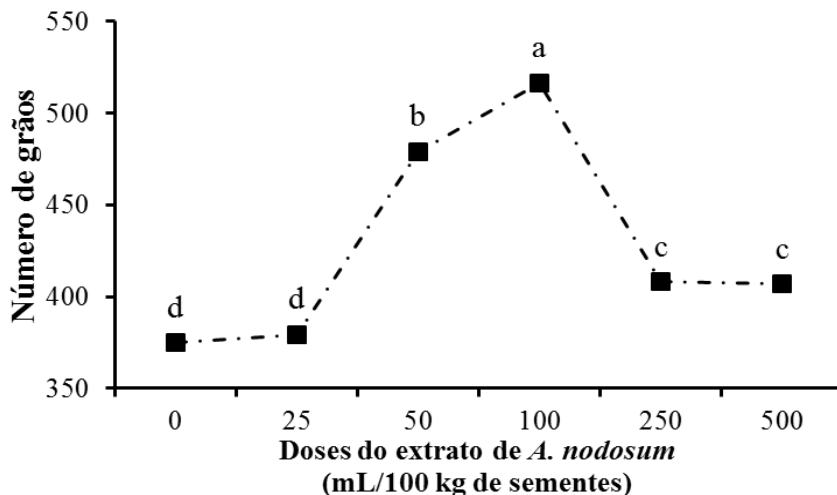


Figura 2 - Efeito das doses do extrato de *A. nodosum* sobre o número de grãos da soja ‘TMG 115 RR’, cento e vinte e seis dias após a semeadura. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Duncan (5%)

Contudo, somente houve incrementos significativos do número de vagens e da massa seca de vagens e de grãos em plantas oriundas de sementes tratadas com 50 e 100 mL do extrato (Figura 3) indicando que, nestes tratamentos, o incremento da massa seca de grãos

(20,07 e 31,13%, respectivamente) foi devido ao aumento do número de grãos produzidos que é dependente do número de vagens geradas (Figura 3).

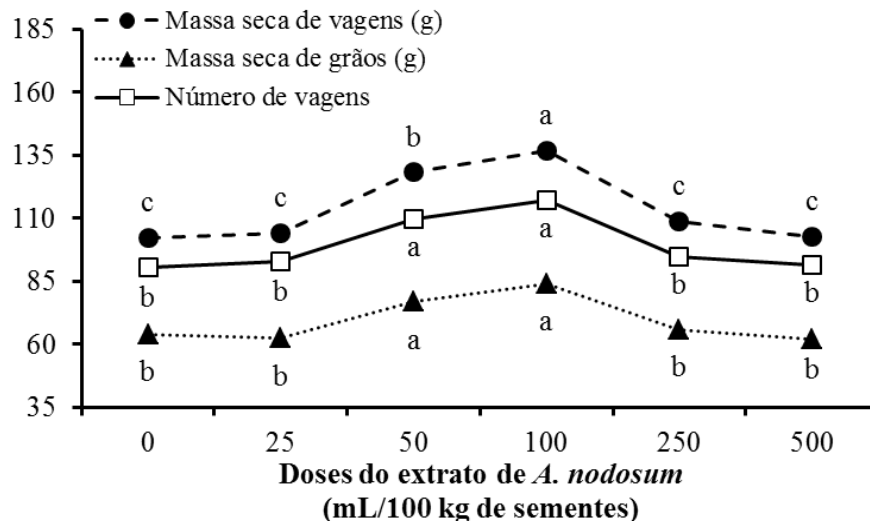


Figura 3 - Efeito das doses do extrato de *A. nodosum* sobre o número de vagens e massa seca de vagens e de grãos da soja 'TMG 115 RR', cento e vinte e seis dias após a semeadura. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Duncan (5%), para cada variável

Estas doses proporcionaram um aumento de 21,11 e 29,17% na produção de vagens; enquanto que foram observados acréscimos de até 44% na fabácea *Cyamopsis tetragonoloba*, quando estas foram geradas a partir de sementes tratadas com extrato da alga marrom *Rosenvingea intricata* (THIRUMARAN et al., 2009). O número de vagens produzidas pela leguminosa *Vigna radiata* também foi significativamente maior em plantas tratadas com extrato de *Kappaphycus alvarezii*, com aumento de até 30,11% em relação ao controle (ZODAPE et al., 2010).

Incrementos de até 31,07% no peso de vagens de *C. tetragonoloba* (THIRUMARAN et al., 2009) também foram notados; aumento semelhante ao encontrado no peso seco de vagens de soja (25,46 a 33,80% em relação ao controle) quando tratadas com 50 e 100 mL de extrato de *A. nodosum*.

Segundo Adams-Phillips et al. (2004) e Khan et al. (2009), a promoção do desenvolvimento de frutos é devido ao acréscimo na disponibilidade de citocinina pelo uso do extrato de alga, pois este hormônio está relacionado à partição e mobilização de assimilados direcionados principalmente a estes drenos, quando a planta está na fase reprodutiva. Atualmente, sabe-se que o extrato de *A. nodosum* induz a síntese de citocinina endógena em

plantas através da regulação da expressão de genes relacionados a este hormônio (KHAN et al., 2011), o que pode influenciar diversos parâmetros vegetais.

### **3.4 Conclusões**

O tratamento de sementes da soja ‘TMG 115 RR’ com extrato de *A. nodosum* promove o desenvolvimento vegetal. Entre as doses testadas, 100 mL do extrato desta alga em 100 kg de sementes é a que apresenta a maior eficiência, promovendo taxas elevadas de crescimento radicular e acréscimos de todos os componentes de produção estudados.

## Referências

- ADAMS-PHILLIPS, L.; BARRY, C.; GIOVANNONI, J. Signal transduction systems regulating fruit ripening. **Trends in Plant Science**, London, v.9, p.331–338, 2004.
- COLAPIETRA, M.; ALEXANDER, A. Effect of foliar fertilization on yield and quality of table grapes. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.721, p.213–218, 2006.
- COMPTON, M.E. Statistical methods suitable for the analysis of plant tissue culture data. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v.37, p.217–242, 1994.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, outubro 2012** / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: CONAB, 2012. 36p.
- CRAIGIE, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.23, p.371–393, 2011.
- FRANCO, M. “Loucura” que deu certo. **DBO—A Revista de Negócios do Criador**, São Paulo, n. 279, p.76–83, fev., 2004.
- 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, 2011.
- 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**, Dordrecht, 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**, Secaucus, v.28, p.386–399, 2009.
- KUMAR, G.; SAHOO, D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.23, p.251–255, 2011.
- LINGAKUMAR, K.; JEYAPRAKASH, R.; MANIMUTHU, C.; HARIBASKAR, A. *Gracilaria edulis* and effective as a growth regulator for legume crops. **Seaweed Research and Utilisation**, Chennai, v.24, p.117–123, 2002.
- MACKINNON, S.A.; CRAFT, C.A.; HILTZ, D.; UGARTE, R. Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.22, p.489–494, 2010.
- MASNY, A; BASAK, A; ZURAWICZ, E. Effects of foliar applications of Kelpak SL and Göemar BM 86<sup>®</sup> preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, Skierniewice, v.12, p.23–27, 2004.
- NEPOMUCENO, M; ALVES, P.L.C.A.; DIAS, T.C.S.; PAVANI, M.C.M.D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, Jaboticabal, v.25, p.43–50, 2007.

NORRIE, J.; HILTZ, D.A. Agricultural applications using *Ascophyllum* seaweed products. **Agro-Food Industry Hi-Tech**, Milan, v.2, p.15-18, 1999.

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, 2008.

SALISBURY, F.B; ROSS, C.W. **Fisiologia das plantas**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p. 391-393.

SANDERSON, K.J.; JAMESON, P.E.; ZABKIEWICZ, J.A. Auxin in seaweed extract: Identification and quantification of indole-3-acetic by gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v.129, p.363-367, 1987.

SAS INSTITUTE, **SAS 9.1**. Cary: SAS Institute, 2006.

SIVASANKARI, S.; VENKATESALU, V.; ANANTHARAJ, M.; CHANDRASEKARAN, M. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of *Vigna sinensis*. **Bioresource Technology**, Amsterdam, p.1745–1751, 2006.

STIRK, W.A.; VAN STADEN. Comparison of cytokinin and auxin-like activity in some commercially used seaweed extract. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.8, p.503–508, 1997.

THIRUMARAN, G.; ARUMUGAM, M.; ARUMUGAM, R.; ANANTHARAMAN, P. Effect of seaweed liquid fertilizer on growth and pigment concentration of *Abelmoschus esculentus medikus*. **American-Eurasian Journal of Agronomy**, Dubai, v.2, p.57–66, 2009.

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**, Dordrecht, v.18, p.351–359, 2006.

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





#### 4 DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DO MILHO ‘IMPACTO’ TRATADO COM EXTRATO DE *Ascophyllum nodosum*

##### Resumo

O milho é atualmente produzido em 125 países, em uma área total de 153 milhões de hectares, sendo utilizado principalmente como fonte proteica, energética e para a ração animal. Para promover o desenvolvimento e aumentar a produtividade de cultivos, a utilização de extratos de alga tem crescido na agricultura, com destaque para utilização da espécie marinha *Ascophyllum nodosum*. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de doses crescentes (0, 25, 50, 100, 250 e 500 mL) do extrato de *A. nodosum*, quando utilizado como tratamento de sementes, sobre parâmetros biométricos e componentes de produção do milho ‘Impacto’. Sementes tratadas com 50 e 100 mL do extrato de *A. nodosum* alcançaram os melhores resultados, promovendo significativamente o crescimento radicular (acréscimo de 23,26 e 47,87%, respectivamente), o número de grãos (56,59 e 62,11%) e a massa seca de mil grãos (81,03 e 102,63%), quando comparadas com o controle. Contudo, sementes tratadas com 250 e 500 mL apresentaram redução da taxa de crescimento de raízes, o que resultou na diminuição do comprimento radicular total (8,30 e 13,57%), não ocorrendo influência sobre a altura da parte aérea vegetal, número de grãos e massa seca de mil grãos. Conclui-se que o tratamento com 50 e 100 mL do extrato líquido de *A. nodosum* em 100 kg de sementes promove o desenvolvimento radicular e incrementa os componentes de produção do milho ‘Impacto’.

Palavras-chave: *Zea mays*; Extrato de alga; Componentes de produção

##### Abstract

Maize is currently produced in 125 countries, with a total area of 153 million hectares, being used mainly as a source of protein, energy and animal feed. To provide the development and increase the productivity of crops, the use of seaweed extracts has grown in agriculture, emphasising the use of marine specie *Ascophyllum nodosum*. The aim of this study was to evaluate the effects of increasing doses (0, 25, 50, 100, 250 and 500 mL) of the *A. nodosum* extract, when used as a seed treatment on biometric parameters and yield components of ‘Impacto’ corn. Seeds treated with 50 or 100 mL of the *A. nodosum* extract achieved the best results, significantly providing the root growth (increase of 23.26 and 47.87%, respectively), the number of grains (56.59 and 62.11%) and the thousand-grain dry mass (81.03 % and 102.63), when compared to the control. However, seeds treated with 250 and 500 mL reduced the rate of root growth, resulting in the decreased of the total root length (8.30 and 13.57%), and no effect on the shoot height plant, number of grains and dry mass of a thousand grains was observed. It is concluded that treatment with 50 or 100 mL of *A. nodosum* extract in 100 kg of seeds provides the root development and increases the yield components of the ‘Impacto’ corn.

Keywords: *Zea mays*; Seaweed extract; Yield components

#### 4.1 Introdução

Uma parcela considerável dos produtos derivados dos mais de 15 milhões de toneladas métricas de algas marinhas colhidas anualmente é utilizada como bioestimulante na agricultura, sendo contabilizados cerca de 25 produtos comercializados até o momento (FAO, 2012; KHAN et al., 2009). A alga marrom *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis destaca-se dentre as espécies marinhas comumente empregadas para esta finalidade (UGARTE et al., 2006).

Os bioestimulantes derivados de extratos de *A. nodosum* são constituídos por vários compostos capazes de estimular o crescimento e desenvolvimento vegetal, induzindo também a tolerância a diversos estresses bióticos e abióticos (KHAN et al., 2009; ZHANG; ERVIN, 2008). Dentre estes compostos, estão as citocininas, auxinas, giberelinas, betaínas e alginatos (MACKINNON et al., 2010; RIOUX et al., 2007; TARAKHOVSKAY et al., 2007; DURAND et al., 2003; STIRK; VAN STANDEN, 2004; RAYORATH et al., 2008).

O milho é atualmente produzido em 125 países, em uma área total de 153 milhões de hectares (FAOSTAT, 2010), sendo utilizado principalmente como fonte proteica, energética e para a ração animal (VICENTE et al., 2012). O Brasil é o terceiro maior produtor e consumidor deste insumo, cultivado em 15 milhões de hectares, com produção de 73 milhões de toneladas de grãos (PATERNIANI et al., 2012). Evidências sugerem que o milho (*Zea mays* L.) tenha sido cultivado na América do Sul desde o ano 2.500 antes de Cristo (GOODMAN, 1978), existindo indícios que sua presença se encontra relacionada à presença do próprio homem (FREITAS, 2001).

Devido à importância global do milho e a possibilidade de melhoria do desempenho vegetal ocasionado pela utilização de extratos de alga, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de doses do extrato de *A. nodosum*, quando utilizado como tratamento de sementes, sobre parâmetros biométricos e de produção do milho 'Impacto'.

#### 4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), em Piracicaba, no sudeste do Brasil (22° 42' S, longitude 47° 38' O), durante os meses de outubro de 2010 a março de 2011.

Sementes de milho (*Zea mays* L.) cultivar Impacto foram tratadas com 6 doses crescentes (0, 25, 50, 100, 250 e 500 mL em 100 kg sementes) do extrato comercial da alga *A. nodosum* (Acadian®), para posteriores análises biométricas e dos componentes de produção. As sementes (100g) foram colocadas no interior de embalagens plásticas (uma para cada

tratamento) e, sobre elas, o extrato de alga foi aspergido. Posteriormente, as embalagens foram infladas com ar e, em seguida foi iniciada a agitação das mesmas até o ponto em que foi observada a cobertura uniforme das sementes pelo produto. Em seguida, as sementes foram postas para secar durante 20 minutos, à sombra.

As sementes foram plantadas em rizotrons com 80 centímetros de comprimento e capacidade de 20 dm<sup>3</sup> preenchidos com substrato arenoso, para a determinação do crescimento radicular. Em cada rizotron (localizados dentro de uma casa de vegetação), foram semeadas 4 sementes, sendo o desbaste efetuado com o intuito de manter 2 plântulas para a avaliação diária do comprimento radicular médio, que se iniciou a partir da emissão da radícula por todas as sementes, considerado como o primeiro dia (D1), e se estendeu até quando a primeira raiz atingiu o fundo do rizotron (décimo dia, D10). O comprimento radicular total correspondeu à soma dos comprimentos radiculares diários determinados durante o período de avaliação, sendo todos apresentados em centímetros (cm).

Para a determinação da altura da parte aérea e dos componentes de produção (massa seca de mil grãos e número de grãos), sementes de milho tratadas foram colocadas em vasos plásticos, com capacidade de 20 dm<sup>3</sup> preenchidos com substrato composto por argila, areia e esterco na proporção de 2:2:1 (v:v:v), respectivamente. Após o plantio de 10 sementes, o desbaste foi efetuado aos 10 dias após a semeadura (DAS), mantendo-se 1 planta por vaso que foram mantidos sob condições ambientais. Além disso, aos 30, 60 e 90 DAS, foi realizada a irrigação com 5 mL L<sup>-1</sup> do extrato de alga em todos os vasos que possuíam plantas oriundas de sementes tratadas com o produto.

A altura da parte aérea vegetal (cm) foi fornecida pela distância entre a base do colo do caule e a lígula da última folha expandida, sendo avaliada quinzenalmente, dos 29 aos 86 DAS. No fim do ciclo (150 DAS), as espigas foram colhidas, acondicionadas em sacos de papel Kraft® e levadas para estufa por 72 h a 70 ± 5 °C, para a obtenção do número de grãos e massa seca de mil grãos, em gramas (g).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 6 tratamentos (doses do extrato de alga) e 4 repetições para a determinação do crescimento radicular diário e total e 7 repetições para as demais variáveis. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANAVA;  $p \leq 0,05$ ), com posterior comparação de médias pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade, através do programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2006). Os dados referentes aos comprimentos radiculares (CR) diários foram transformados para  $x = CR^2$ , a massa seca de mil grãos (MSM) para  $x = MSM^{5,7}$  e o número de grãos (NG) para  $x = NG^{9,3}$ ; para o atendimento das pressuposições estatísticas para a realização da ANAVA. Após as

análises, os dados foram convertidos de volta para a escala original (COMPTON, 1994), para facilitar a comparação dos resultados entre os tratamentos.

#### 4.3 Resultados e Discussão

O comprimento radicular, a altura das plantas e os componentes de produção do milho foram afetados após a aplicação do extrato de *A. nodosum* (Figuras e Tabelas 1 e 2).

Plântulas oriundas de sementes tratadas com 50 e 100 mL do extrato apresentaram comprimento radicular total significativamente superior ao controle (incrementos de 23,26 e 53,63%, respectivamente); enquanto que aquelas geradas a partir de sementes tratadas com 250 e 500 mL exibiram raízes com comprimento inferior, apresentando reduções de 8,30 e 13,57%, respectivamente (Figura 1).

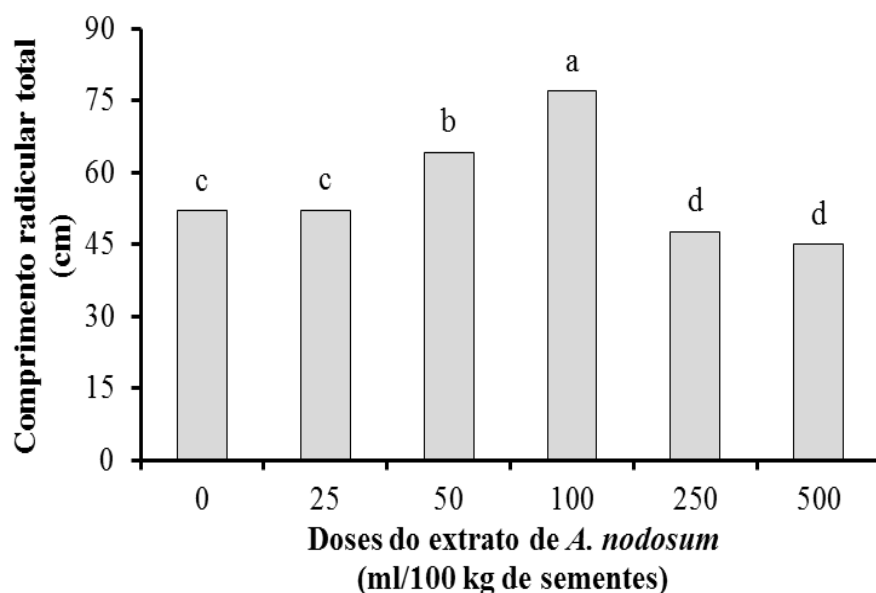


Figura 1 - Efeito das doses do extrato de *A. nodosum* sobre o comprimento radicular total do milho 'Impacto', no décimo dia após a semeadura. Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Duncan (5%)

Possivelmente, o crescimento das raízes foi induzido através da promoção da expressão de genes relacionados à produção de auxina, hormônio envolvido com o alongamento radicular, após a aplicação do extrato de *A. nodosum* (RAYORATH et al., 2008a). Contudo, altas concentrações de auxina impedem o crescimento radicular (SALISBURY; ROSS, 2012).

O crescimento radicular total é reflexo das taxas de crescimento diárias que foram, de modo geral, similares e/ou maiores que o controle em sementes tratadas com 50 e 100 mL do

extrato de alga; ocorrendo o inverso com aquelas tratadas com 250 e 500 mL (Tabela 1), indicando que estas doses podem ser fitotóxicas.

Tabela 1 - Efeito das doses (mL) do extrato de *A. nodosum* sobre o crescimento radicular diário (CR), em centímetros (cm), de plântulas do milho 'Impacto' em rizotrons, do primeiro (D1) ao décimo dia de avaliação (D10)

Doses	Variáveis				
	CR D1	CR D2	CR D3	CR D4	CR D5
0	1,46 ± 0,24	3,31 ± 0,38 c	2,40 ± 0,12 bc	6,95 ± 0,28	6,62 ± 0,44 a
25	1,22 ± 0,21	3,20 ± 0,31 c	1,97 ± 0,24 c	5,46 ± 0,94	5,91 ± 0,29 a
50	1,79 ± 0,04	4,96 ± 0,23 ab	2,77 ± 0,03 ab	6,35 ± 0,19	6,67 ± 0,46 a
100	1,92 ± 0,03	6,04 ± 0,09 a	3,09 ± 0,14 a	8,02 ± 0,31	7,34 ± 0,20 a
250	1,56 ± 0,18	4,82 ± 0,42 b	2,42 ± 0,20 bc	7,12 ± 0,91	3,95 ± 0,73 b
500	1,41 ± 0,50	5,49 ± 0,50 ab	2,55 ± 0,22 ab	7,42 ± 0,40	3,92 ± 0,55 b
C.V. (%)	21,56 <sup>ns</sup>	35,38 <sup>***</sup>	13,69 <sup>**</sup>	28,54 <sup>ns</sup>	16,67 <sup>**</sup>

Doses	Variáveis				
	CR D6	CR D7	CR D8	CR D9	CR D10
0	5,19 ± 0,29	7,97 ± 0,92 a	6,82 ± 0,75 c	6,27 ± 1,58 c	3,47 ± 0,13 d
25	4,60 ± 0,96	8,85 ± 1,12 a	9,09 ± 0,80 b	8,45 ± 0,12 bc	3,42 ± 0,03 d
50	5,52 ± 0,11	8,31 ± 1,13 a	11,04 ± 0,09 ab	9,52 ± 0,25 b	7,17 ± 0,10 b
100	6,80 ± 0,29	9,83 ± 0,82 a	12,15 ± 0,12 a	12,42 ± 0,46 a	9,30 ± 0,22 a
250	5,45 ± 0,67	4,85 ± 0,45 b	4,81 ± 0,28 d	8,30 ± 0,90 bc	4,40 ± 0,12 c
500	4,17 ± 0,97	3,87 ± 0,74 b	4,48 ± 0,16 d	8,70 ± 0,00 bc	2,20 ± 0,00 e
C.V. (%)	38,09 <sup>ns</sup>	24,58 <sup>***</sup>	23,90 <sup>***</sup>	24,05 <sup>***</sup>	2,44 <sup>***</sup>

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan (5%). \*\*: significativo a 0,01; \*\*\*: significativo a 0,001 e ns: não significativo.

Para que ocorra a germinação de sementes monocotiledôneas de cereais, como o milho, deve existir a mobilização de reservas armazenadas no endosperma para o desenvolvimento do embrião (BRINK; COOPER, 1947; OLSEN et al., 1998) e, para tal, foi identificado que uma amilase independente da giberelina é induzida pelo extrato de *A. nodosum* (RAYORATH et al., 2008b).

Todos os tratamentos apresentaram altura superior ao controle aos 29 DAS, exibindo incremento que variou de 7,53 a 10,33%; contudo aos 58 DAS, somente plantas tratadas com 50 e 100 mL apresentaram maior altura. Nas demais avaliações, a altura das plantas oriundas de sementes tratadas não diferiu do controle (Tabela 2).

Tabela 2 - Efeito das doses do extrato de *A. nodosum* sobre o crescimento em altura da parte aérea, em centímetros (cm), de plantas do milho 'Impacto', do vigésimo nono ao septagésimo segundo dia após a semeadura (DAS)

Doses	Variáveis			
	Altura 29 DAS	Altura 43 DAS	Altura 58 DAS	Altura 72 DAS
0	98,19 ± 2,40 b	155,29 ± 3,11	205,57 ± 1,29 b	249,00 ± 4,63 abc
25	108,27 ± 1,31 a	156,29 ± 5,33	197,43 ± 5,76 b	243,57 ± 5,83 bc
50	108,19 ± 0,79 a	166,57 ± 3,34	216,43 ± 3,87 a	261,86 ± 4,29 a
100	106,09 ± 1,23 a	165,43 ± 1,34	215,71 ± 2,34 a	257,57 ± 3,96 ab
250	108,33 ± 1,39 a	156,29 ± 4,06	201,14 ± 4,38 b	245,71 ± 4,00 bc
500	105,58 ± 1,30 a	154,71 ± 2,18	191,71 ± 7,09 b	239,29 ± 5,71 c
C.V. (%)	3,69 <sup>***</sup>	5,77 <sup>ns</sup>	5,77 <sup>***</sup>	5,08 <sup>*</sup>

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan (5%). \*\*\*: significativo a 0,001, \*\*: significativo a 0,01, \*: significativo a 0,05 e ns: não significativo.

Os resultados apresentados na Tabela 2 podem estar relacionados ao aumento da produção de citocinina endógena induzida pelo extrato de *A. nodosum*, como relatado por Khan et al. (2011) ao estudarem o efeito do extrato desta alga sobre plantas de *Arabidopsis thaliana*. A citocinina é um hormônio que é sintetizado em maiores proporções em raízes, sendo posteriormente transportada pelo xilema até a parte aérea vegetal, estimulando o seu desenvolvimento (SALISBURY; ROSS, 2012).

Quanto aos componentes de produção, plantas oriundas de sementes tratadas com 50 e 100 mL do extrato de *A. nodosum* obtiveram os melhores resultados (Figura 2).

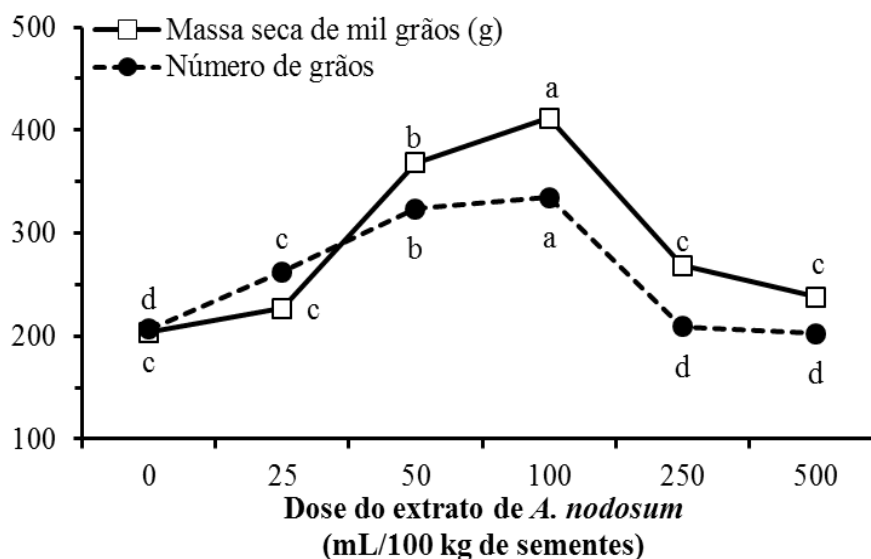


Figura 2 – Efeito das doses do extrato de *A. nodosum* sobre a massa seca de mil grãos e do número de grãos do milho 'Impacto', cento e cinquenta dias após a semeadura. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Duncan (5%), para cada variável

Foram observados incrementos de 56,59 e 62,11% no número de grãos de plantas oriundas de sementes tratadas com 50 e 100 mL, respectivamente. Em plantas de trigo, uma espécie pertencente à mesma família do milho, também foram encontrados aumentos de até 54,16% do número de grãos, após o tratamento de sementes com o extrato da alga marrom *Sargassum wightii* (KUMAR; SAHOO, 2011).

Além disso, ainda houve acréscimos da massa seca de mil grãos após o tratamento de sementes com 50 e 100 mL do extrato de *A. nodosum*, onde foram notados incrementos de 81,50 e 102,63% respectivamente.

#### **4.4 Conclusões**

O tratamento de sementes com 50 e 100 mL de extrato líquido de *A. nodosum* promove o desenvolvimento radicular e incrementa os componentes de produção do milho 'Impacto'.



## Referências

BRINK, R.A.; COOPER, D.C. The endosperm in seed development. **The Botanical Review**, New York, v.13, p.423–541, 1947.

COMPTON, M.E. Statistical methods suitable for the analysis of plant tissue culture data. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v.37, p.217–242, 1994.

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.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Year Book of Fisheries and Aquaculture Statistics**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012. 401p.

FAOSTAT - Statistics Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> >. Acesso em: 2 nov, 2012.

FREITAS, F.O. **Estudo genético-evolutivo de amostras modernas e arqueológicas de milho (*Zea mays*, L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.)**. 2001. 125p. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

GOODMAN, M.M. História e origem do milho. In PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba: Marprint, 1987. p.13.

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**, Dordrecht, 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**, Secaucus, v.28, p.386–399, 2009.

KUMAR, G.; SAHOO, D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.23, p.251–255, 2011.

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

OLSEN, O.A.; LEMMON, B.E.; BROWN, R.C. A model for aleurone cell development. **Trends in Plant Science**, London, v.3, p.168–169, 1998.

PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; DUARTE, A.P.; TSUNECHIRO, A. (Ed.). **Diversidade e inovações na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos**. Campinas: Instituto Agrônomo; Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. 780p.

- 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, 2008.
- RAYORATH, P.; KHAN, W.; PALANISAMY, R.; MACKINNON, S.L.; STEFANOVA, R.; HANKINS, S.D.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Extracts of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* induce gibberellic acid (GA<sub>3</sub>)-independent amylase activity in barley. **Journal of Plant Growth Regulation**, Secaucus, v.27, p.370–379, 2008.
- RIOUX, L.E.; TURGEON, S.L.; BEAULIEU, M. Characterization of polysaccharides extracted from brown seaweeds. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v.69, p.530–537, 2007.
- SALISBURY, F.B; ROSS, C.W. **Fisiologia das plantas**. São Paulo; Cengage Learning, 2012. p.391-393; 410-420.
- SAS INSTITUTE, **SAS 9.1**. Cary: SAS Institute, 2006.
- STIRK, W.A.; VAN STADEN. Comparison of cytokinin and auxin-like activity in some commercially used seaweed extract. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.8, p.503-508, 1997.
- 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**, Dordrecht, v.18, p.351–359, 2006.
- VICENTE, F.S.; ATLIN, G.; DAS, B.; TRACHSEL, S.; MAHUKU, G.; NARRO, L. Estratégia de melhoramento de milho do CIMMYT para a América latina tropical. In: PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; DUARTE, A.P.; TSUNECHIRO, A. (Ed.). **Diversidade e inovações na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos**. Campinas: Instituto Agrônômico; Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. cap.2, p.20.
- ZHANG, X.; ERVIN, E.H. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. **Crop Science**, Madison, v.48, p.364–370, 2008.



## 5 DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DO TRIGO ‘IAC 364’ TRATADO COM EXTRATO DE *Ascophyllum nodosum*

### Resumo

O desempenho das culturas agrícolas pode ser melhorado com a utilização de extratos de algas, sendo observados efeitos positivos sobre a germinação de sementes, estabelecimento de plantas e aumento da produtividade vegetal. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre parâmetros fisiológicos, bioquímicos e biométricos relacionados ao desenvolvimento e produtividade do trigo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos foram controle (água); 0,1 mL do extrato de alga sobre as sementes e irrigação com 5 mL L<sup>-1</sup> do extrato aos 14, 28 e 42 dias após a semeadura. Plantas tratadas com extrato de *A. nodosum* apresentaram massa seca da parte aérea e altura superiores, indicando que este composto incrementa o vigor vegetal. Após a irrigação com 5 mL L<sup>-1</sup> do extrato de alga, foi observado aumento significativo do número de espigas (13,19%). Contudo, este mesmo tratamento apresentou índice de colheita inferior ao controle (17,12%), sendo este resultado afetado pela biomassa superior alocada na parte aérea, não se relacionando à queda de produtividade vegetal. Os demais parâmetros não foram alterados em relação ao controle. Conclui-se que a irrigação com 5 mL L<sup>-1</sup> de extrato de *A. nodosum* promove o desenvolvimento vegetal e aumenta o número de espigas produzidas por planta de trigo ‘IAC 364’. Contudo, 0,1 mL do extrato de alga não afeta parâmetros bioquímicos e de produção do trigo, quando aplicado sobre as sementes.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*; Extrato de alga; Componentes de produção

### Abstract

The agricultural crop performance can be improved with the use of seaweed extracts, being observed positive effects on the seed germination, plant establishment and productivity. The aim of this study was to evaluate the effects of *Ascophyllum nodosum* extract on physiological, biochemical and biometric parameters related to the wheat development and productivity. The experimental design was completely randomized with 3 treatments and 10 replications. The treatments were control (water), 0.1 mL of seaweed extract on seeds and irrigation with 5 mL L<sup>-1</sup> seaweed extract on the 14<sup>th</sup>, 28<sup>th</sup> and 42<sup>nd</sup> days after the sowing. Shoot dry mass and height of plants treated with seaweed extract were higher than the control, indicating that this compound increases the plant vigor. After irrigation with 5 mL L<sup>-1</sup> of seaweed extract, an increase in the number of spikes (13.19%) was observed. However, this same treatment had the harvest index lower than the control (17.12%), this result was affected by higher biomass allocated to shoots and not to the reduction of plant productivity. The other parameters were not changed when compared to the control. It is concluded that irrigation with 5 mL L<sup>-1</sup> *A. nodosum* extract provides the plant growth and increases the number of spikes per wheat plant. However, 0.1 mL of the seaweed extract does not affect the wheat biochemical and production parameters, when applied to the seeds.

Keywords: *Triticum aestivum*; Seaweed extract; Yield components

## 5.1 Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma cultura difundida mundialmente pelos inúmeros derivados obtidos pela sua industrialização que vão desde a farinha para a fabricação de massas, do farelo usado na alimentação animal, até o gérmen utilizado na indústria farmacêutica, produção de óleos e dietéticos (BOFF, 2010).

Atualmente, com o intuito de melhorar o desempenho de culturas agrícolas, a utilização de extratos de alga tem crescido, principalmente por ser alternativa ao uso de fertilizantes e por ser ecologicamente correta (NORRIE; HILTZ, 1999; KHAN et al., 2009; CRAIGIE, 2011; JAYARAMAN; NORRIE; PUNJA, 2011; KUMAR; SAHOO, 2011). Os bioestimulantes derivados do extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. são constituídos por vários compostos capazes de estimular o desenvolvimento vegetal (KHAN et al., 2009). Dentre estes compostos, estão as citocininas, auxinas, giberelinas, betaínas e alginatos (MACKINNON et al., 2010; RIOUX; TURGEON; BEAULIEU, 2007; TARAKHOVSKAY; MASLOV; SHISHOVA, 2007; DURAND; BRIANT; MEYER, 2003; STIRK; VAN STADEN, 2004; RAYORATH et al., 2008a).

Tanto o método quanto as doses, frequência e épocas de aplicação influenciam a resposta vegetal e variam de acordo com a espécie, cultivar, estação do ano e localização geográfica (MASNY; BASAK; ZURAWICZ, 2004; CRAIGIE, 2011). Múltiplos processos fisiológicos, bioquímicos e genéticos estão envolvidos nas respostas das plantas e os efeitos observados a partir de aplicações podem ser diretos ou indiretos (KHAN et al., 2009). Entretanto, os mecanismos de ação do extrato de *A. 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., 2008a; KHAN et al., 2009).

Deste modo, torna-se relevante o estudo dos efeitos do extrato de alga sobre a fisiologia do crescimento, desenvolvimento e produtividade de espécies utilizadas em grandes culturas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do extrato de *A. nodosum* sobre parâmetros biométricos, bioquímicos e componentes de produção do trigo 'IAC 364'.

## 5.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, no sudeste do Brasil (22° 42' S, longitude 47° 38' O), durante os meses de junho a novembro de 2011. O plantio das sementes de trigo (*Triticum*

*aestivum*) cultivar IAC 364 ocorreu em vasos plásticos, com capacidade de 20 dm<sup>3</sup> preenchidos com substrato composto por argila, areia e matéria orgânica na proporção de 2:2:1 (v:v:v), respectivamente. Em cada vaso foram semeadas 10 sementes, sendo o desbaste efetuado 14 dias após a semeadura (DAS), mantendo-se 3 plantas por vaso.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos foram controle (somente água); 0,1 mL do extrato comercial de *A. nodosum* (Acadian®) em 100 gramas de sementes e irrigação com 250 mL do extrato comercial de *A. nodosum* (5 mL L<sup>-1</sup>) em cada vaso, aos 14, 28 e 42 DAS.

A porcentagem de sementes germinadas foi avaliada aos 7 e 14 DAS. A altura da planta (cm) foi fornecida pela distância entre a base do colo do caule e a inserção da última folha da porção superior da planta, sendo avaliada semanalmente, dos 30 aos 58 DAS. O número de perfilhos também foi avaliado semanalmente, dos 30 aos 58 DAS. A altura e o número de perfilhos foram obtidos através da média aritmética dos valores encontrados nas 3 plantas que compunham cada vaso.

No fim do ciclo (120 DAS), as espigas foram colhidas para a determinação do número de espigas por vaso, que em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel Kraft® e levadas para estufa por 72 h a 60 °C, para a obtenção da massa seca de espigas e, posteriormente, de grãos. Além disso, a massa seca de 100 grãos (g), a massa seca da parte aérea vegetativa (g) e o índice de colheita [massa seca de grãos/ (massa seca da parte aérea vegetativa + massa seca de espigas)] também foram determinados. Com exceção da massa seca de 100 grãos, todos os outros parâmetros foram obtidos através da soma dos valores encontrados nas 3 plantas que compunham cada vaso.

As avaliações bioquímicas (teor de clorofilas *a*, *b* e total, carotenoides e da atividade da nitrato redutase) foram efetuadas 64 DAS, no Laboratório de Biotecnologia Agrícola (CEBTEC) do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. A determinação da quantidade de clorofila baseou-se na metodologia modificada de Lee, Brammeier e Smith (1987) e Moran (1982), utilizando comprimento de ondas de 647 e 664 nm. Para determinação da quantidade de carotenoides foram realizados os mesmos procedimentos adotados na determinação da clorofila com exceção do comprimento de onda para leitura no espectrofotômetro que, neste caso, foi 480 nm. A determinação da atividade da nitrato redutase foi feita de acordo com o ensaio *in vivo* modificado por Radin (1974).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ao nível de 10% de significância, através do software estatístico SAS<sup>®</sup> (SAS INSTITUTE, 2006). A análise de medidas repetidas no tempo foi utilizada para avaliar o efeito de tratamentos sobre a altura e número de perfilhos das plantas ao longo do tempo (dias após a semeadura), o teste t ( $\alpha \leq 0,05$ ) foi utilizado para a comparação de médias entre tratamentos. Os dados referentes ao índice de colheita e à massa seca de grãos e de espigas foram transformados para  $x^2$  e os dados do número de espigas e de perfilho para  $\log_{10}(x)$ . Tais transformações foram realizadas para o atendimento das pressuposições estatísticas para a realização da ANOVA, através da ferramenta “Guided Data Analysis” do SAS<sup>®</sup> (SAS INSTITUTE, 2006). Após as análises, os dados foram convertidos de volta para a escala original (COMPTON, 1994), para facilitar a comparação dos resultados entre os tratamentos.

### 5.3 Resultados e Discussão

#### 5.3.1 Germinação e parâmetros biométricos

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para a porcentagem de sementes germinadas e para o número de perfilhos (Tabela 1). Contudo, a utilização do extrato de alga afetou a biomassa alocada na parte aérea ( $p=0,099$ ) e a altura das plantas ( $p=0,0005$ ), como demonstrado na Figura 1.

Tabela 1 - Efeito do extrato de alga aplicado através do tratamento de sementes e da irrigação do trigo ‘IAC 364’ sobre a porcentagem de germinação, no sétimo e décimo quarto dias após a semeadura (DAS), e o número médio de perfilhos do trigésimo ao quinquagésimo oitavo DAS

Tratamentos	Germinação 7 DAS	Germinação 14 DAS	Número de perfilhos
Controle	30 ± 4,71	51 ± 4,82	6,18 ± 0,34
Tratamento de sementes	41 ± 5,26	63 ± 4,73	5,65 ± 0,26
Irrigação	39 ± 6,57	62 ± 6,29	6,43 ± 0,33
C.V. (%)	14,79 <sup>ns</sup>	12,40 <sup>ns</sup>	6,29 <sup>ns</sup>

Média ± erro padrão; ns: não significativo.

O extrato de *A. nodosum* não foi capaz de alterar significativamente a porcentagem de sementes germinadas do trigo ‘IAC 364’, assim como relatado para o trigo ‘Pusa Gold’ (KUMAR; SAHOO, 2011). Contudo, há vários trabalhos que explicitam o aumento da capacidade germinativa de sementes de diversas culturas como as de cevada, milho, tomate,

berinjela e pimenta (MATYSIAK; KACZMAREK; KRAWCZYK, 2011; RAYORATH et al., 2008b; DEMIR; DURAL; YILDIRIM, 2006).

O aumento da capacidade germinativa das sementes de milho quando tratadas com extrato das algas marrons *Ecklonia maxima* e *Sargassum spp* (incremento de 16-19% em relação ao controle) foi provavelmente devido à presença de hormônios contidos nos extratos, que agem sobre a disponibilidade energética para o processo germinativo (MATYSIAK; KACZMAREK; KRAWCZYK, 2011); como bem explicado por RAYORATH et al. (2008a) que identificaram a indução de uma amilase independente da giberelina pelo extrato de *A. nodosum*, ao estudarem sementes de cevada.

Quanto ao número de perfilhos (Tabela 1), este não foi alterado em relação ao controle; contudo o cultivar de trigo ‘Pusa Gold’ teve a quantidade de perfilhos incrementada após a aplicação do extrato de *A. nodosum* (KUMAR; SAHOO, 2011).

Apesar não ter influenciado estes parâmetros, a aplicação do extrato de alga afetou positivamente a biomassa alocada na parte aérea e a altura das plantas (Figura 1).

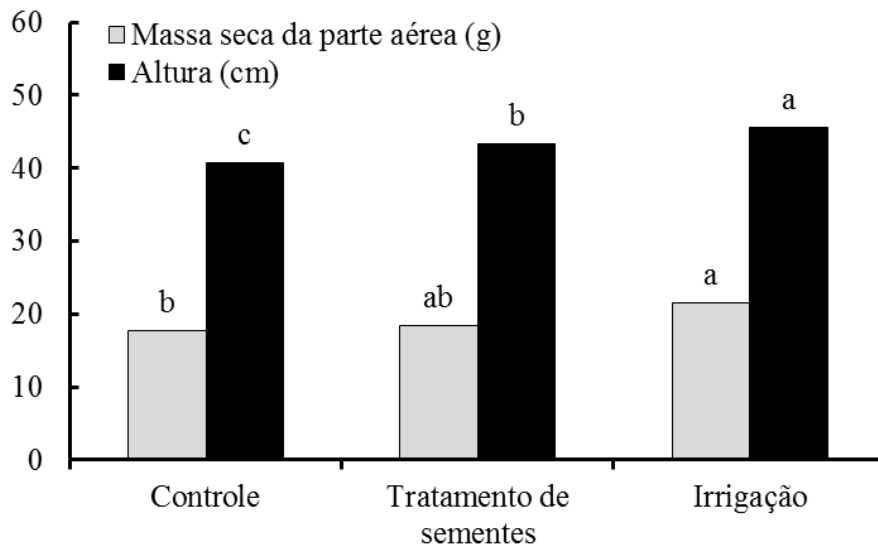


Figura 1 – Efeitos do extrato de *A. nodosum* quando aplicado sobre as sementes ou como irrigação do trigo ‘IAC 364’ sobre a massa seca da parte aérea (cento e vinte dias após a semeadura) e sobre a altura média (do trigésimo ao quinquagésimo oitavo dia após a semeadura). Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste t (5%), para cada variável

Como observado na Figura 1, houve aumento significativo da massa seca da parte aérea de plantas irrigadas com extrato de alga (22,22%). Além disso, plantas tratadas com extrato de *A. nodosum* apresentaram altura superior ao controle (6,31 a 11,76%), indicando que este composto incrementa o vigor do trigo.



A altura da parte aérea de plantas de trigo ‘Pusa Gold’ aumentou 6,7% em relação ao controle, valor semelhante ao relatado no presente trabalho, após a utilização do extrato de *A. nodosum* (KUMAR; SAHOO, 2011). Também foram relatados acréscimos significativos na massa seca da parte aérea do milho ‘Boruta’ (incremento de 11 a 34 % em relação ao controle) quando tratados com o extrato das algas marrons *E. maxima* e *Sargassum spp* (MATYSIAK; KACZMAREK; KRAWCZYK, 2011).

Tais efeitos são ocasionados pelos hormônios encontrados nos extratos líquidos de algas, que são capazes de promover o desenvolvimento vegetal (RAMYA; NAGARAJ; VIJAYANAND, 2011; THIRUMARAN et al., 2008), assim como foi observado em biotestes com *Arabidopsis thaliana*, nos quais notou-se aumento da altura e da massa fresca de plântulas, quando estas foram tratadas com extrato de *A. nodosum* (RAYORATH et al., 2008a). Atualmente, sabe-se que a aplicação do extrato de *A. nodosum* é capaz de aumentar a expressão de genes da produção endógena de auxina e citocinina, dois hormônios modeladores do desenvolvimento vegetal (RAYORATH et al., 2008b; KHAN et al., 2011).

### 5.3.2 Teor de pigmentos foliares e atividade da nitrato redutase

Os teores dos pigmentos foliares e a atividade da nitrato redutase não foram alterados após a aplicação do extrato de alga, quando comparados ao controle (Tabela e Figura 2).

Tabela 2 - Efeito do extrato de alga aplicado através do tratamento de sementes e da irrigação do trigo ‘IAC 364’ sobre os teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa fresca) e sobre a atividade da nitrato redutase ( $\text{NO}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de matéria fresca), sessenta e quatro dias após a semeadura

Tratamentos	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila total	Nitrato redutase
Controle	605,30 ± 59,27	216,49 ± 27,41	821,80 ± 86,40	207,40 ± 23,39
Tratamento de sementes	511,38 ± 49,68	181,60 ± 24,15	692,90 ± 73,05	164,48 ± 24,18
Irrigação	671,33 ± 61,28	233,62 ± 25,25	905,00 ± 88,70	223,99 ± 32,17
C.V. (%)	29,72 <sup>ns</sup>	39,85 <sup>ns</sup>	32,02 <sup>ns</sup>	41,34 <sup>ns</sup>

Média ± erro padrão; ns: não significativo.

O conteúdo de clorofila também não foi alterado em plantas originadas de sementes tratadas com extratos de algas marrons, quando comparadas com o controle. Contudo, quando uma aplicação foliar do extrato de *E. máxima* foi realizada em conjunto com o tratamento de sementes, foi observado aumento do conteúdo de clorofila no milho ‘Boruta’ (MATYSIAK; KACZMAREK; KRAWCZYK, 2011).

Porém, entre as plantas tratadas com extrato de alga, foi observada uma diferença significativa ( $p=0,07$ ) no teor de carotenoides, onde pode ser constatado um aumento de 35,59% deste pigmento em plantas irrigadas com o produto em relação ao tratamento de sementes (Figura 2).

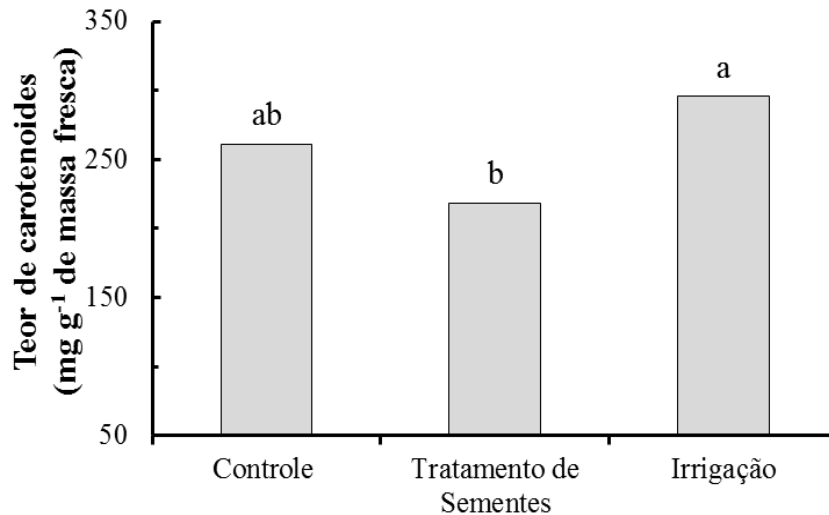


Figura 2 – Efeitos do extrato de *A. nodosum* quando aplicado sobre sementes ou como irrigação do trigo ‘IAC 364’ sobre o teor de carotenoides, sessenta e quatro dias após a semeadura. Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste t (5%)

Provavelmente, o conteúdo deste pigmento foi superior em plantas irrigadas porque elas foram submetidas à aplicação do extrato por período superior; já que no outro tratamento o extrato foi utilizado somente durante a semeadura e a análise para a determinação dos pigmentos só ocorreu meses depois, o que pode ter afetado o resultado. O aumento do teor de carotenoides é importante, já que pode influenciar positivamente as culturas, pois os carotenoides são pigmentos acessórios na absorção e transferência de energia radiante, sendo também protetores da clorofila em relação à fotooxidação (SHARMA; HALL, 1991).

Com relação à atividade da nitrato redutase, não foi encontrada nenhuma diferença entre tratamentos, diferentemente do resultado relatado por Durand, Briant e Meyer (2003), no qual plantas pulverizadas com produtos à base de *A. nodosum* apresentaram um aumento da atividade desta enzima pertencente ao metabolismo do nitrogênio, estimulando o crescimento vegetal.

### 5.3.3 Componentes da produção

O número de espigas ( $p=0,018$ ) e o índice de colheita ( $p=0,059$ ) foram afetados significativamente após a utilização do extrato de alga (Figura 3). Contudo, a massa seca de grãos, de espigas e de 100 grãos não diferiram entre os tratamentos (Tabela 3).

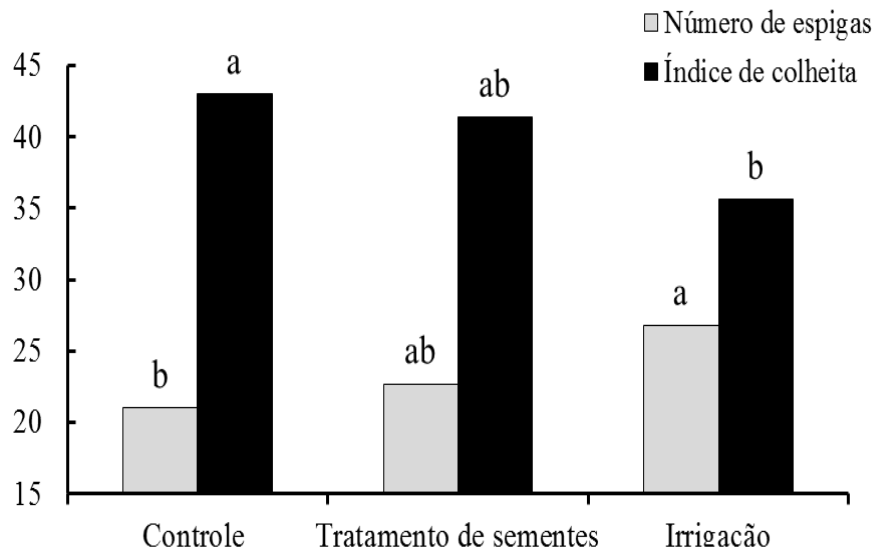


Figura 3 – Efeitos do extrato de *A. nodosum* quando aplicado sobre sementes ou como irrigação do trigo ‘IAC 364’ sobre o número de espiga e o índice de colheita, cento e vinte dias após a semeadura. Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste t (5%), para cada variável

O número de espigas produzidas por planta irrigada com o extrato foi superior ao controle (incremento de 13,19%), assim como demonstrado por Igna e Marchioro (2010) que também constataram acréscimo que variou de 13,80 a 20,71% no trigo ‘BRS Guamirin’. Contudo, foi observado que este mesmo tratamento apresentou menor índice de colheita, com decréscimo de 17,12% em relação ao controle. Tal resultado não indica, entretanto, queda de produtividade e sim que o cálculo deste parâmetro foi influenciado pela massa seca da parte aérea que foi significativamente superior neste tratamento; já que os demais parâmetros usados para calculá-lo não diferem entre si.

A massa seca de espigas e de grãos do trigo ‘IAC 364’ não foram alteradas, diferente do relatado para o trigo ‘Pusa Gold’ que apresentou aumento significativo da massa seca de grãos (22,86%) em relação ao controle, após a aplicação do extrato de *A. nodosum* (KUMAR; SAHOO, 2011).

Tabela 3 - Efeito do extrato de alga aplicado através do tratamento de sementes e irrigação do trigo 'IAC 364' sobre a massa seca de espigas, grãos e de 100 grãos, em gramas (g), cento e vinte dias após a semeadura

<b>Tratamentos</b>	<b>Massa seca de espigas</b>	<b>Massa seca de grãos</b>	<b>Massa seca de 100 grãos</b>
Controle	27,74 ± 1,69	19,55 ± 1,27	3,64 ± 0,08
Tratamento de sementes	29,42 ± 2,91	20,39 ± 2,20	3,92 ± 0,06
Irrigação	29,57 ± 1,77	17,43 ± 1,99	3,61 ± 0,20
C.V. (%)	41,64 <sup>ns</sup>	46,11 <sup>ns</sup>	11,03 <sup>ns</sup>

ns: não significativo pelo teste F (5%).

#### 5.4 Conclusões

A irrigação com 5 mL L<sup>-1</sup> de extrato de *A. nodosum* promove o aumento do desenvolvimento vegetal e incrementa o número de espigas produzidas por planta de trigo 'IAC 364'. Contudo, a dose de 0,1 mL do extrato desta alga, quando utilizada sobre sementes, não afeta parâmetros de produção do trigo 'IAC 364' em relação ao controle, nas condições do experimento.

Nenhuma das doses e formas de aplicação do extrato comercial de *A. nodosum* influencia os parâmetros bioquímicos estudados do trigo 'IAC 364'.

## Referências

BOFF, J.T. **Épocas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em componentes de produção em trigo**. 2010. 51p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Agronomia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2010.

COMPTON, M.E. Statistical methods suitable for the analysis of plant tissue culture data. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v.37, p.217–242, 1994.

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

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

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.

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

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, 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, 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**, Dordrecht, 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**, Secaucus, v.28, p.386–399, 2009.

KUMAR, G.; SAHOO, D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.23, p.251-255, 2011.

LEE, D.W.; BRAMMEIER, S.; SMITH, A.P. The selective advantages of anthocyanins in developing leaves of mango and cacao. **Biotropica**, Washington, v.19, p.40-49, 1987.

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

- MASNY, A; BASAK, A; ZURAWICZ, E. Effects of foliar applications of Kelpak SL and Göemar BM 86<sup>®</sup> preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, Skierniewice, v.12, p.23–27, 2004.
- MATYSIAK, K; KACZMAREK, S; KRAWCZYK, R. Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. **Acta Scientiarum Polonorum Agricultura**, Bydgoszcz, v.10, p.33-45, 2011.
- MORAN, R. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N,N,-dimethylformamide. **Plant Physiology**, Rockville, v.69, p.1376-1381, 1982.
- NORRIE, J.; HILTZ, D.A. Agricultural applications using *Ascophyllum* seaweed products. **Agro-Food Industry Hi-Tech**, Milan, v.2, p.15-18, 1999.
- RADIN, J.W. Distribution and development of nitrate reductase activity in germinating cotton seedlings **Plant Physiology**, Rockville, v.53, p.458-463, 1974.
- RAMYA, S.S.; NAGARAJ, S.; VIJAYANAND, N. Influence of seaweed liquid extracts on growth, biochemical and yield characteristics of *Cyamopsis tetragonolaba* (L.) Taub. **Journal of Phytology**, Abu Dhabi, v.3, p.37-41, 2011.
- 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.
- RAYORATH, P.; KHAN, W.; PALANISAMY, R.; MACKINNON, S.L.; STEFANOVA, R.; HANKINS, S.D.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Extracts of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* induce gibberellic acid (GA<sub>3</sub>)-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**, Oxford, v.69, p.530–537, 2007.
- SAS INSTITUTE, **SAS 9.1**. Cary: SAS Institute, 2006.
- SHARMA, P.K.; HALL, D.O. Interaction of salt stress and photoinhibition on photosynthesis in barley and sorghum. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v.138, p.614-619, 1991.
- STIRK, W.A.; VAN STADEN. Comparison of cytokinin and auxin-like activity in some commercially used seaweed extract. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.8, p.503–508, 1997.
- TARAKHOVSKAYA, E.R.; MASLOV Y, I.; SHISHOVA, M.F. Phytohormones in algae. **Russian Journal of Plant Physiology**, Moscow, v.54, p.163–170, 2007.
- THIRUMARAN, G.; ARUMUGAM, M.; ARUMUGAM, R.; ANANTHARAMAN, P. Effect of seaweed liquid fertilizer on growth and pigment concentration of *Abelmoschus esculentus* *medikus*. **American-Eurasian Journal of Agronomy**, Dubai, v.2, p.57–66, 2009.