http://journal.unoeste.br/index.php/ca/index
DOI: 10.5747/ca.2019.v15.n1.a277
ISSN on-line 1809-8215

Colloquium Agrariae

Submetido: 04/06/2018 Revisado: 10/01/2019 Aceito: 08/03/2019

Extrato de algas como bioestimulante na nutrição e produtividade do trigo irrigado na região de Cerrado

Fernando Shintate Galindo, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Salatiér Buzetti, Cleiton José Alves, Cassia Maria de Paula Garcia, Lais Meneghini Nogueira

Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, SP. E-mail: fs.galindo@yahoo.com.br

Resumo

Produtos que apresentam ação bioestimulante em culturas agrícolas, como a base da alga *Ascophyllum nodosum*, vêm sendo utilizado pelo seu efeito hormonal benéfico na nutrição e crescimento das plantas, com o intuito de se aumentar a produtividade de grãos. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito bioestimulante e fertilizante da alga *Ascophyllum nodosum* no índice de clorofila foliar, concentração de nutrientes no tecido foliar, componentes produtivos e produtividade de grãos de trigo irrigado em região de Cerrado. A pesquisa foi desenvolvida em Selvíria – MS, em um Latossolo Vermelho Distrófico. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo os tratamentos: Testemunha, aplicação única (aos 24 dias após emergência (d.a.e.) do trigo) ou dupla (aos 24 e 60 d.a.e) de extrato de *Ascophyllum nodosum* com o produto comercial polifértil®, e aplicação única (aos 24 d.a.e) ou dupla (aos 24 e 60 d.a.e) de extrato de *Ascophyllum nodosum* com o produto Acadian®. A nutrição das plantas de trigo irrigado foi pouco influenciada pelos extratos de alga à base de *Ascophyllum nodosum*, sendo constatado maior ICF e concentrações foliar de S e Mn em relação à testemunha, quando estes bioestimulantes foram aplicados. Os extratos de alga à base de *Ascophyllum nodosum* não influenciaram os componentes produtivos e produtividade de grãos de trigo, portanto sua utilização como bioestimulante não é necessária em solos com fertilidade adequada e cultivo irrigado.
Palavras-chave: *Ascophyllum nodosum*; nutrição de plantas; *Triticum aestivum*.

Algae extract as biostimulant in nutrition and irrigated wheat yield in the cerrado region

Abstract

Products which have biostimulant action on agricultural crops, such as the base of the *Ascophyllum nodosum* algae, have been used for its beneficial hormonal effect on nutrition and growth of plants, in order to increase grain yield. Thus, it was aimed to evaluate the effect biostimulant and fertilizer of *Ascophyllum nodosum* algae in the production components and grains yield of irrigated wheat in the Cerrado region. The research was developed in Selvíria - MS, on an Oxisol. The experimental design was randomized blocks with five treatments and five repetitions, being the treatments: control, only one application (at 24 days after emergence (dae) of wheat) or double (to 24 and 60 dae) of *Ascophyllum nodosum* extract with polifértil® the commercial product, and only one application (at 24 dae) or double (at 24 and 60 dae) from *Ascophyllum nodosum* extract with Acadian® product. The plants nutrition of irrigated wheat was slightly influenced by algae extracts based on *Ascophyllum nodosum*, provided greater LCI and leaf concentrations of S and Mn compared to control, when these biostimulants were applied. The algae extracts with *Ascophyllum nodosum* did not influence the production components and yield of wheat, therefore their use as biostimulant is not required in soils with adequate fertility and irrigated cultivation.
Keywords: *Ascophyllum nodosum*; plant nutrition; *Triticum aestivum*.

Introdução

As condições de solo, clima e topografia favoráveis ao cultivo de trigo, tanto de sequeiro quanto irrigado, em épocas e altitudes definidas pela pesquisa, fazem do Brasil Central região de grande potencial para a expansão dessa cultura, com a perspectiva de propiciar a médio prazo, a autossuficiência na produção nacional. Além disso, a inserção do trigo no Cerrado contribui para diversificar os sistemas produtivos regionais (TEIXEIRA FILHO et al., 2010).

Com a finalidade de melhorar o desempenho de culturas agrícolas, a utilização de extratos de algas tem crescido, principalmente por ser alternativa ao uso eficiente de fertilizantes e por ser ecologicamente correta (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 (CARVALHO, 2013).

Bioestimulantes são substâncias de origem orgânica que contém, além de reguladores vegetais, outras substâncias que promovem o crescimento vegetal de forma indireta, tais como carboidratos e aminoácidos. Estes bioestimulantes adicionados aos exsudatos das raízes têm a capacidade de influenciar na manutenção do contato entre o solo e a raiz, além de contribuir para o crescimento das próprias raízes e sobrevivência das plantas (KLAHOLD et al., 2006). Entre os bioestimulantes podemos encontrar uma quantidade variada de produtos como, extratos de algas, compostos contendo aminoácidos, compostos contendo ácidos húmicos e fúlvicos e compostos contendo reguladores vegetais (auxinas, citocininas, giberelinas).

Os bioestimulantes favorecem a expressão do potencial genético das plantas mediante alterações nos processos vitais e estruturais, promovem o equilíbrio hormonal e estimulam o desenvolvimento do sistema radicular (SILVA et al., 2008). Muitos desses produtos aumentam a absorção de água e de nutrientes pelas plantas, bem como sua resistência aos estresses hídricos e aos efeitos residuais de herbicidas no solo, fazendo com que seu uso na agricultura seja crescente.

Macroalgas são utilizadas como fertilizantes na agricultura há vários séculos, com destaque para as regiões litorâneas do hemisfério Norte. Entretanto, no século XX, somente nos anos 50 passaram a ser comercializadas com objetivos de melhorar a nutrição de plantas, e estimular as respostas às condições de estresse, principalmente o hídrico (NORRIE, 2008).

Produtos obtidos a partir do extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, tem sido utilizado como bioestimulantes em diversas culturas. Na Comunidade Européia é frequente o uso de produtos comerciais à base de extrato de alga via aplicação foliar ou no solo, inclusive na agricultura orgânica (MÓGOR, 2008). A espécie *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis é a mais pesquisada na agricultura (UGARTE et al., 2006). Seu extrato possui a propriedade de estimular o crescimento vegetal devido à sua composição rica em macro e micronutrientes, carboidratos, aminoácidos e hormônios vegetais próprios da alga, como por exemplo, as citocininas, classe de hormônios vegetais que promovem a divisão celular e retardam a senescência, além disso, o extrato de algas pode estimular a atividade de síntese da fitoalexina capsidiol e a peroxidases em plantas, aumentando a resistência das plantas às doenças (ABREU et al., 2008).

Alguns resultados de pesquisa demonstram que algumas culturas têm obtido ganhos significativos na produtividade e incrementos no sistema radicular, como nos trabalhos de Vieira e Santos (2005) e Albrecht et al. (2009), em algodão, observaram que os bioestimulantes podem aumentar a porcentagem de emergência das plântulas e a velocidade de crescimento radicular, além de originar plântulas mais vigorosas. Klahold et al. (2006), Ávila et al. (2008) e Campos et al. (2008), em soja, constataram que os bioestimulantes podem influenciar a germinação e a biomassa da matéria seca das sementes e promover o crescimento das plantas em altura. Porém, alguns trabalhos mostram que os bioestimulantes podem não favorecer ou até mesmo diminuir a absorção de nutrientes pelas plantas, indicando que as respostas às suas aplicações dependem de outros fatores, tais como a espécie a planta e a composição das substâncias húmicas presentes nos produtos usados, sendo necessárias mais informações sobre o verdadeiro efeito desses produtos no desenvolvimento das plantas (FERREIRA et al., 2007).

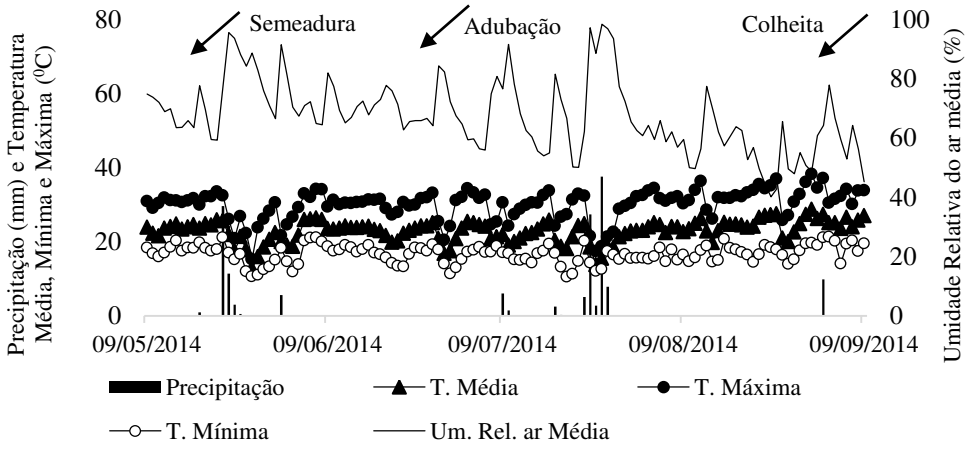
Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito bioestimulante e fertilizante da alga *Ascophyllum nodosum* no índice de clorofila

foliar, concentração de nutrientes no tecido foliar, componentes produtivos e produtividade de grãos de trigo irrigado em região de Cerrado.

Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida em campo na área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, localizada em Selvíria – MS, com altitude de 335 m. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, segundo a Embrapa (2013), o qual foi cultivado por culturas anuais há mais de 27 anos, sendo os últimos 10 anos em sistema plantio direto, sendo a cultura anterior o milho. Vale ressaltar que esta área foi cultivada apenas com gramíneas há três anos. A temperatura média anual foi de 23,5 ^{o}C, a precipitação pluvial média anual de 1370 mm, com umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%. Na Figura 1 estão representadas as condições climáticas no decorrer do experimento com trigo.

Figura 1. Precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas durante o experimento de trigo em 2014 junto à estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP. Período de maio a setembro de 2014.



O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo os tratamentos constituídos de: 1) Testemunha (sem aplicação de extrato de algas); 2) aplicação única de extrato de *Ascophyllum nodosum* do produto comercial Polifértil® (20 ml L^{-1} de água) aos 24 dias após emergência (d.a.e.) do trigo, dia 15/06/2014; 3) aplicação única de extrato de *Ascophyllum nodosum* do produto Acadian® (14 ml L^{-1} de água) aos 24 d.a.e. do trigo, dia 15/06/2014; 4) aplicação dupla de extrato de *Ascophyllum nodosum* do produto comercial Polifértil® (20 ml L^{-1} de água por aplicação) aos 24 d.a.e. e 60 d.a.e. do trigo, nos dias 15/06/2014 e 19/07/2014; 5) aplicação dupla de extrato de *Ascophyllum nodosum* do produto Acadian® (14 ml L^{-1} de água por aplicação) aos 24 d.a.e. e 60 d.a.e. do trigo, nos dias 15/06/2014 e 19/07/2014.

As parcelas do experimento com trigo foram compostas por 6 m de comprimento com 12 linhas e espaçamento de 0,17 m, sendo a área útil da parcela as 8 linhas centrais, excluindo-se 0,5 m das extremidades.

De acordo com os fabricantes dos bioestimulantes, o produto Acadian® contém: M.O. 130 - 160, N total 3 - 6, P < 1, K 50 - 70, S 3 - 6, Ca 1- 2, Mg 0,5 - 1,0 e Na 10-15 g L^{-1}, respectivamente, e Fe 30 - 80, Cu 1 -5, Zn 5 - 15, Mn 1 - 5 e B 20 - 50 mg L^{-1}.; e o produto Polifértil® contém: P_2O_5 Solúvel em Água: 5, B 0,3, Co 0,05, Mn 1, Mo 1, Ni 0,1 e carbono orgânico total: 7, em porcentagem (%), respectivamente.

As concentrações utilizadas destes extratos foram definidas com base na recomendação adaptada para a cultura do trigo, dos produtos comerciais Polifértil® e Acadian®. A aplicação dos tratamentos foi no período da manhã, em condições de temperaturas amenas e sem vento, utilizando-se de pulverizador costal pressurizado a CO_2 provido de tanque com capacidade de 2 L (garrafas descartáveis), com barra de quatro pontas anti-gotejo espaçadas de 0,50 m, modelo 80.02, sendo o consumo de calda

equivalente a 300 L ha^{-1} e a pressão de serviço de 3 psi.

Na área foram utilizados para a dessecação os herbicidas glifosato (1800 g ha^{-1} do i.a.) e 2,4-D (670 g ha^{-1} do i.a.), aplicados duas semanas antes da semeadura mecanizada do trigo.

Os atributos químicos do solo na camada arável determinados antes da instalação do experimento de trigo, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001) apresentaram os seguintes resultados: 13 mg dm^{-3} de P (resina); 6 mg dm^{-3} de S-SO_4; 23 g dm^{-3} de M.O.; 4,8 de pH ($CaCl_2$); K, Ca, Mg, H+Al = 2,6; 13,0; 8,0 e 42,0 $mmol_c$ dm^{-3}, respectivamente; Cu, Fe, Mn, Zn (DTPA) = 5,9; 30,0; 93,9 e 1,0 mg dm^{-3}, respectivamente; 0,24 mg dm^{-3} de B (água quente) e 36% de saturação por bases.

Com base na análise de solo e com o intuito de elevar a saturação por bases a 70%, conforme recomendação de Cantarella et al. (1997), foram aplicados 2,5 t ha^{-1} de calcário dolomítico (PRNT = 88%), 65 dias antes da semeadura do trigo, em 2014. Na adubação de plantio foram fornecidos 350 kg ha^{-1} da fórmula 08-28-16 na ocasião da semeadura, com base na análise do solo e na exigência da cultura.

A condução do experimento foi em sistema plantio direto. A área foi irrigada por um sistema de aspersão do tipo pivô central, com lâmina de água média de 14 mm e turno de rega de aproximadamente 72 horas em ambos os cultivos, quando necessário.

A cultivar utilizada foi a CD 116. A semeadura mecânica foi realizada no dia 16/05/14, com emergência de plântulas 6 dias após semeadura, no dia 22/05/2014, sendo semeadas 80 sementes por metro. No tratamento de sementes foram utilizados fungicidas Carbendazim + Thiran (45 + 105 g i.a. 100 por 100 kg de semente) e o inseticida Imidacloprido +Thiodicarb (45 + 135 g i.a. por 100 kg de semente).

O manejo de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação do herbicida Metsulfuron Methyl (3,0 g ha^{-1} do i.a.) em pós-emergência aos 20 d.a.e., em ambos cultivos. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no dia 26/06/2014 35 d.a.e., na dose de 120 kg ha^{-1} de N, na forma de ureia, distribuindo-se o fertilizante sobre a superfície do solo (sem incorporação), ao lado e aproximadamente 8 cm das linhas de semeadura, a fim de se evitar o contato do fertilizante com as plantas. Após a adubação de cobertura a área foi irrigada por aspersão (lâmina de 14 mm) à noite para minimizar as perdas de N por volatilização da amônia, o que é comum no cultivo do trigo irrigado. A colheita foi efetuada manualmente nos dias 09/09/2014, aos 110 d.a.e. do trigo.

Foram realizadas as seguintes avaliações: a) Leitura do índice de clorofila foliar (ICF), realizada no período da manhã quando as plantas de trigo estavam no estádio de florescimento, sendo determinada indiretamente por meio de clorofilômetro, na folha logo abaixo da inflorescência (folha bandeira), de 10 plantas por parcela. Ainda no florescimento da cultura do trigo, coletou-se a folha bandeira de 20 plantas de cada parcela, segundo a metodologia descrita em Cantarella et al. (1997). Após a secagem e moagem destas folhas, procedeu-se a determinação das b) concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn foliar, conforme metologia proposta por Malavolta et al. (1997).

Com relação às análises de componentes produtivos e produtividade, foram realizadas as seguintes avaliações: c) altura de plantas na maturação, definida como sendo à distância (m) do nível do solo ao ápice da espiga; d) número de espigas por metro, determinado por meio de contagem, na ocasião de colheita; Foram coletadas 10 espigas de trigo na ocasião da colheita para as seguintes avaliações: e) comprimento da espiga, determinado do ápice até a base da espiga; f) número de espiguetas por espiga, determinado a partir da contagem de todas as espiguetas com grãos da espiga; g) número de grãos por espigueta, determinado a partir da divisão do número de grãos por espiga pelo número de espiguetas por espiga, de cada unidade experimental; h) número de grãos por espiga, obtido a partir da contagem do número de grãos em cada espiga de trigo, de cada unidade experimental; i) número de grãos chochos, obtido através da relação do número de espiguetas não desenvolvidas por espiga; j) massa hectolítrica, correspondente à massa de grãos de trigo ocupada em um volume de 100 L, determinada em balança de 1/4 com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida); k) massa de 100 grãos, determinada em balança de precisão 0,01g, a 13% (base úmida); l) produtividade de grãos, determinada pela coleta das espigas das plantas contidas nas 4 linhas úteis de cada parcela. Após a trilha mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em kg ha^{-1} a 13% (base úmida).

Os resultados foram analisados pela análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias dos tratamentos com extrato de algas *Ascophyllum nodosum* e testemunha, utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

ICF e concentrações de nutrientes no tecido foliar

As concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe e Zn do trigo irrigado não foram influenciadas pela aplicação dos extratos de alga como bioestimulante (Tabelas 1 e 2), não diferindo da testemunha e entre uma ou duas aplicações dos diferentes extratos de alga. Entretanto, o ICF, e as concentrações de S e Mn diferiram quanto aos tratamentos. A aplicação de extrato de algas, independentemente do produto utilizado ou do número de aplicações propiciou maior valor no ICF em relação à testemunha. Para a concentração de S foliar, uma aplicação de Polifértil® e Acadian® e 2 aplicações de Acadian® propiciaram maior valor do nutriente comparativamente à testemunha, não diferindo da aplicação dupla com Polifértil®. Com relação à concentração de Mn foliar, a aplicação única de Polifértil® propiciou maior valor do nutriente no tecido da folha comparativamente à testemunha, não diferindo da aplicação única com Acadian® e das aplicações duplas com Acadian® e Polifértil®.

Ressalta-se que em relação à testemunha, em média, houve incrementos de 11,2; 6,6; 13,7; 20,1; 11,2 e 18,9% para o ICF e as concentrações de Ca, Mg, S, Fe e Mn, respectivamente. Por outro lado, as concentrações de B e Cu foliar foram 21,4 e 24,3% inferiores, em média, nos tratamentos que receberam a aplicação de extrato de algas em comparação à testemunha. De maneira geral, as algas marinhas conseguem absorver nutrientes em seu ambiente aquático, o que pode influenciar em sua composição nutricional e consequentemente nutrição das plantas, justificando o possível incremento na concentração de S e Mn foliar da cultura do trigo. Vários trabalhos na literatura demonstram que produtos à base da alga apresentam importantes funções na planta, das quais se destacam a atividade citocínica (aumento na divisão celular e mais controle do fruto), a atividade auxínica (controle do crescimento do caule), atividade giberelínica (elasticidade e plasticidade da célula), betaínas (reduz estresses relacionados à água e rupturas) e manitol (agente quelante), e ainda segundo Fernandes e Silva, (2011) o extrato de alga é fonte natural de citocininas, que além de promover a divisão celular, retarda a senescência das plantas, podendo então influenciar na taxa fotossintética das culturas e consequentemente no ICF.

Os valores de ICF do trigo obtidos neste experimento (Tabela 1), inclusive para testemunha, são relativamente altos. Galindo et al. (2015), trabalhando com a cultura do trigo irrigado no Cerrado com o mesmo cultivar (CD 116) e a mesma dose de N em cobertura (120 kg ha^{-1}), constataram menor valor de ICF (54,11), corroborando com Theago et al. (2014), trabalhando com doses, fontes, épocas de aplicação de N e cultivares de trigo, que verificaram valor de ICF variando entre 46,47 e 49,03 para as doses de N 100 e 150 kg ha^{-1}, respectivamente.

Tabela 1. Índice de clorofila foliar (ICF) e concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S no tecido foliar do trigo em função da aplicação de extrato de algas como bioestimuladores. Selvíria – MS, 2014

Tratamentos[1]	ICF	N	P	K	Ca	Mg	S
	----------g kg^{-1} de MS----------						
Testemunha	52,78 b	49,91 a	3,93 a	14,00 a	4,83 a	2,19 a	3,48 b
1xAcadian	61,03 a	49,02 a	3,82 a	15,33 a	5,18 a	2,52 a	4,33 a
1xpoli	59,00 a	51,08 a	3,41 a	13,33 a	5,35 a	2,64 a	4,62 a
2xAcadian	60,53 a	49,44 a	3,66 a	14,67 a	5,25 a	2,56 a	4,27 a
2xpoli	60,02 a	46,74 a	3,72 a	14,00 a	5,17 a	2,53 a	4,19 ab
D.M.S.	5,44	15,38	0,85	2,06	1,49	0,62	0,77
C.V. (%)	3,29	11,07	8,18	5,12	10,26	8,84	6,54
Média Geral	58,67**	49,24	3,71	14,27	5,15	2,49	4,18**

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo
[1]Os tratamentos apresentados na tabela referem-se respectivamente aos tratamentos: Testemunha – Sem aplicação de algas; 1xPolifertil e 2xPolifertil - Aplicação única e duas aplicações de extrato de *Ascophyllum nodosum* com o produto comercial Polifértil®; 1xAcadian e 2xAcadian - Aplicação única e duas aplicações de extrato de *Ascophyllum nodosum* com o produto Acadian®

Tabela 2. Concentrações de B, Cu, Fe, Mn e Zn no tecido foliar do trigo em função da aplicação de extrato de algas como bioestimuladores. Selvíria – MS, 2014

Tratamentos[1]	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----------mg kg^{-1} de MS----------				
Testemunha	15,07 a	43,33 a	136,33 a	140,00 b	27,33 a
1xAcadian	8,45 a	29,33 a	144,67 a	176,00 ab	27,00 a
1xpoli	11,19 a	35,67 a	148,00 a	184,33 a	27,00 a
2xAcadian	10,81 a	24,00 a	181,67 a	163,33 ab	28,00 a
2xpoli	13,67 a	31,67 a	147,33 a	168,67 ab	27,00 a
D.M.S.	9,32	42,39	54,54	37,75	10,79
C.V. (%)	27,91	12,09$^{\#}$	12,75	8,04	14,02
Média Geral	11,84	32,80	151,60	166,47*	27,27

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo
$^{\#}$Dados corrigidos seguindo a equação $(x+0,5)^{0,5}$
[1]Os tratamentos apresentados na tabela referem-se respectivamente aos tratamentos: Testemunha – Sem aplicação de algas; 1xPolifertil e 2xPolifertil - Aplicação única e duas aplicações de extrato de *Ascophyllum nodosum* com o produto comercial Polifértil®; 1xAcadian e 2xAcadian - Aplicação única e duas aplicações de extrato de *Ascophyllum nodosum* com o produto Acadian®

Os nutrientes Ca, Mg, B, Fe e Zn apresentaram concentrações foliares médias, ou seja, dentro do preconizado como adequado por Cantarella et al. (1997), cuja a faixa de suficiência para estes nutrientes são respectivamente: 2,5-10,0; 1,4-4,0 g kg^{-1} e 5,0-20,0; 10-300; 20-76 mg kg^{-1}. Para o nutriente K, a concentração foliar média ficou um pouco abaixo do preconizado por Cantarella et al. (1997) como adequado, cuja faixa de suficiência é de, 15,0-30,0 g kg $^{-1}$. Os nutrientes N, P, S, Cu e Mn apresentaram concentrações foliares acima da faixa adequada, sendo os valores preconizados de 20-34; 2,1-3,3; 1,5-3,0 g kg $^{-1}$ e 5,0-20,0; 10-300 e 25-150 mg kg $^{-1}$, respectivamente.

Possivelmente, o fato da cultura do trigo ter sido cultivada em uma área de plantio direto consolidado há mais de 10 anos propiciou maior disponibilidade de nutrientes como N, P, S, Cu e Mn, uma vez que nesta fase do sistema plantio direto, existe o incremento dos teores de matéria orgânica e da mineralização e ciclagem de nutrientes, principalmente dos nutrientes citados anteriormente, corroborando com Pavinato e Rosolem (2008), que destacaram que houve acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais do solo no sistema plantio direto, visto que, além de não haver revolvimento, verificaram o acúmulo de nutrientes no tecido das plantas cultivadas, com posterior decomposição da matéria orgânica (M.O.) e liberação nas camadas

superficiais. Segundo Chiodini et al. (2013), a M.O. do solo tem a capacidade de reter nutrientes, como o K, Ca e Mg, podendo atuar como reservatório de N, P, S B, sendo capaz de suprir parte das necessidades da cultura durante seu ciclo (BOT; BENITES, 2005).

Segundo Grohls et al. (2012), em ambiente controlado, as substâncias com efeito de reguladores de crescimento estimulam a germinação das sementes, de acordo com a cultivar utilizada e a cultura estudada. Essas substâncias, quando utilizadas em campo, apresentam maior influência sobre as plantas cultivadas no sistema convencional, efeito que também é dependente do cultivar e da cultura utilizada. Tal fato seria uma possível explicação da baixa resposta na nutrição das plantas de trigo à aplicação destes bioestimulantes, uma vez que o experimento foi conduzido em campo, em sistema plantio direto. Segundo Santos et al. (2013), os efeitos dos bioestimulantes são mais expressivos no incremento da massa seca das raízes, sendo as demais características pouco influenciadas, o que poderia propiciar maior absorção de nutrientes, porém tal premissa não foi verificada em função da adequada fertilidade do solo e da adubação mineral realizada na cultura do trigo.

De acordo com Long (2006), a identificação dos efeitos de produtos que apresentam ação bioestimulante, tais como o extrato de algas, é de mais fácil identificação em condições de estresse. Plantas cultivadas em ambiente favorável ao seu desenvolvimento, não necessitam da aplicação destes produtos, tornando seus efeitos menos pronunciados sobre os cultivos. Isto pode explicar os resultados encontrados, já que as condições necessárias ao bom desempenho das cultivares foram atendidas durante o período de condução do experimento. Vale salientar que além do manejo adotado, as características próprias do cultivar associadas a irrigação e ao clima da localidade podem ter influenciado nos resultados obtidos.

Nesse sentido, pode-se inferir que utilização de diferentes extratos de algas no desenvolvimento da cultura do trigo irrigado, não foi eficiente na nutrição de plantas e produção de fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes nestas condições edafoclimáticas, a ponto de incrementar de forma significativa o estado nutricional das plantas de trigo. Portanto, são necessárias mais pesquisas desse tipo, como em solos menos férteis e em cultivos de trigo sem irrigação.

Componentes produtivos e produtividade de grãos de trigo

A altura de plantas, comprimento das espigas, o número de grãos chochos, espiguetas por espiga, grãos por espigueta e grãos por espiga, número de espigas por metro, massa hectolítrica, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de trigo irrigado não foram influenciados pelos tratamentos com algas (Tabelas 3 e 4), não diferindo inclusive da não aplicação de algas (Testemunha). Porém, ressalta-se que em relação à testemunha, em média, houve incremento de 2,3% na altura de plantas. Por outro lado, o número de espigas por metro e a produtividade de grãos fora 5,5 e 10,0% inferiores, respectivamente, em média, nos tratamentos que receberam a aplicação de algas.

Tabela 3. Altura de plantas, comprimento de espiga, números de grãos chochos, espiguetas por espiga, grãos por espigueta e grãos por espiga de trigo em função da aplicação de extrato de algas. Selvíria –MS, 2014

Tratamentos [1]	Altura de plantas (cm)	Comprimento de espiga (cm)	Grãos chochos	Espiguetas por espiga	Grãos por espigueta	Grãos por espiga
Testemunha	85,10 a	6,95 a	2,15 a	14,88 a	2,14 a	31,75 a
1xAcadian	86,90 a	6,98 a	2,08 a	16,10 a	1,88 a	30,25 a
1xpoli	89,70 a	6,70 a	2,23 a	15,28 a	2,14 a	32,75 a
2xAcadian	86,20 a	6,55 a	1,85 a	14,88 a	1,97 a	29,25 a
2xpoli	87,30 a	6,58 a	1,80 a	14,80 a	2,10 a	31,25 a
D.M.S.	7,65	0,63	0,47	1,49	0,54	8,99
C.V. (%)	3,90	4,15	10,37	4,36	11,68	12,86
Média Geral	87,04	6,75	2,02	15,19	2,05	31,05

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

[1]Os tratamentos apresentados na tabela referem-se respectivamente aos tratamentos: Testemunha – Sem aplicação de algas; 1xPolifertil e 2xPolifertil - Aplicação única e duas aplicações de extrato de *Ascophyllum nodosum* com o produto comercial Polifértil®; 1xAcadian e 2xAcadian - Aplicação única e duas aplicações de extrato de *Ascophyllum nodosum* com o produto Acadian®

Tabela 4. Número de espigas por metro, massa hectolítrica, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do trigo em função da aplicação de extrato de algas. Selvíria –MS, 2014

Tratamentos[1]	Espigas por metro	Massa hectolítrica (kg 100 L^{-1})	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha^{-1})
Testemunha	87,00 a	84,58 a	3,94 a	3437 a
1xAcadian	76,50 a	82,50 a	4,22 a	2987 a
1xpoli	83,75 a	83,00 a	4,02 a	3013 a
2xAcadian	84,00 a	84,50 a	3,86 a	2970 a
2xpoli	84,00 a	83,00 a	3,95 a	3056 a
D.M.S.	22,51	2,44	0,45	933
C.V. (%)	12,02	1,30	5,01	13,38
Média Geral	83,05	83,52	3,99	3092

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
[1]Os tratamentos apresentados na tabela referem-se respectivamente aos tratamentos: Testemunha – Sem aplicação de algas; 1xPolifertil e 2xPolifertil - Aplicação única e duas aplicações de extrato de *Ascophyllum nodosum* com o produto comercial Polifértil®; 1xAcadian e 2xAcadian - Aplicação única e duas aplicações de extrato de *Ascophyllum nodosum* com o produto Acadian®

Segundo Temple e Bomke (1989), a aplicação de extrato de algas ocasiona aumento e crescimento das plantas, pela melhoria do desempenho metabólico, o que não foi verificado no presente trabalho, onde à aplicação de produtos à base de *Ascophyllum nodosum* não propiciaram incremento na produtividade de grãos de trigo, mas sim um decréscimo na produção, diferentemente do relatado por Becaleto et al. (2013), que estudando a aplicação de extrato concentrado de *Egeria densa*, constataram que o aumento das doses de alga proporcionou incremento no diâmetro do colmo, altura de planta e produtividade de matéria seca de planta de milho.

Em contrapartida, corroborando com os resultados obtidos, Galindo et al. (2015), estudando a aplicação de produtos à base de *Ascophyllum nodosum e Egeria densa* na cultura do milho irrigado em região do Cerrado, não verificaram influência das algas como bioestimulantes nas alturas de planta e de inserção das espigas, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos, devido a fertilidade adequada do solo.

Já Grohls et al. (2012), estudando bioestimuladores com extrato de algas na cultura do arroz verificaram estímulo no perfilhamento dos cultivares de arroz, e aumento no número de panículas por metro quadrado, entretanto, não houve influência na produtividade de grãos de arroz. Passam et al. (1995), ao estudarem a influência do extrato de algas aplicado em pré e pós-colheita do pepino, observaram aumento do rendimento deste cultivo, entretanto, não houve melhoria na qualidade dos frutos, incluindo a retenção da cor verde durante o armazenamento. Em estudo realizado por Loyola e Muñoz (2009), testando a aplicação de diferentes doses de extrato de algas em frutos de mirtilo, não observaram diferenças significativas entre tratamentos quanto à produção total. Porém, relataram tendência ao aumento do peso médio dos frutos, e aumento significativo no diâmetro equatorial, calibre e teor de sólidos solúveis.

Contrariando os resultados encontrados neste trabalho, diversos autores relataram efeito positivo na utilização de extrato de algas *Ascophyllum nodosum*, como Igna e Marchioro (2010), trabalhando com aplicação de extrato de algas *A. nodosum* aplicados em diferentes doses e épocas (2 mL kg^{-1} semente de produto comercial na data de semeadura de trigo, 1 mL kg^{-1} semente na semeadura e 200 mL ha^{-1} no afilhamento, 150 mL ha^{-1} no afilhamento, 150 mL ha^{-1} no emborrachamento e testemunha sem

aplicação), que verificaram que os tratamentos em que foram aplicados o extrato de algas apresentaram médias de número de espigas por metro linear e produtividade de grãos, significativamente superior ao tratamento testemunha. Segundo os autores, devido ao fato do número de espigas por área ser um dos componentes principais do rendimento de grãos, mais importantes, este foi o componente que contribuiu prioritariamente para a maior resposta de produtividade de grãos nos tratamentos à base de extrato de algas quando comparado com a testemunha.

Mógor (2008) obteve maior crescimento e produtividade de grãos aplicando extrato da alga *A. nodosum* na cultura do feijão. Outros autores (ZHANG et al., 2002; ARTHUR et al., 2003) também relataram efeitos positivos de extrato de algas aplicados via foliar, no crescimento e produção de várias espécies cultivadas.

Com base na discussão apresentada, é possível verificar que a grande maioria dos trabalhos citados na literatura com extratos de algas como bioestimulantes foi realizado em hortaliças e culturas frutíferas, com resultados divergentes. Poucos trabalhos foram realizados com cereais, como a cultura do trigo, elucidando a importância desta pesquisa, que demonstrou que a utilização destes bioestimulantes não é necessária em solos com fertilidade adequada e cultivo irrigado, mesmo em uma região de Cerrado de baixa altitude e que apresenta temperaturas relativamente altas para o cultivo deste cereal de inverno.

Conclusões

A nutrição das plantas de trigo irrigado foi pouco influenciada pelos extratos de alga à base de *Ascophyllum nodosum*, sendo constatado maior ICF e concentrações foliar de S e Mn em relação à testemunha, quando estes bioestimulantes foram aplicados.

Os extratos de alga à base de *Ascophyllum nodosum* não influenciaram os componentes produtivos e produtividade de grãos de trigo, portanto sua utilização como bioestimulante não é necessária em solos com fertilidade adequada e cultivo irrigado.

Referências

ABREU, G. F.; TALAMINI, V.; STADNIK, M. J. Bioprospecção de macroalgas marinhas e plantas aquáticas para o controle da antracnose do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 1, p. 78-82, 2008. https://doi.org/10.1590/S0100-54052008000100017

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; ALBRECHT, A. J. P. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, v.10, n.3, p.191-198, 2009. https://doi.org/10.5380/rsa.v10i3.14474

ARTHUR, G. D.; STIRK, W. A.; VANSTADEN, J. Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of *Capsicum annuum*. **South African Journal of Botany**, v. 69, n. 1, p. 207-211, 2003. https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)30348-3

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, v. 65, n.6, p.567-691, 2008. https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000600006

BECALETO, B. D.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; FREITAS, L. A; GARCIA, C. M. P.; BUZETTI, S. Crescimento e produção de matéria seca de plantas de milho em função de doses de alga (*Egeria densa*) com e sem aplicação de nitrogênio. In: Congresso de Iniciacao Cientifica da Unesp, 25, 2013. Ilha Solteira. **Anais...** Ilha Solteira: UNESP, 2013. Disponível em: http://prope.unesp.br/cic_isbn/busca.php. Acesso em: 23 dez. 2015.

BOT, A.; BENITES, J. **The importance of soil organic matter, Key to drought-resistant soil and sustained food production.** FAO Soils Bulletim, 2005. 80p.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**, v. 21, n. 3, p. 53-63, 2008. https://doi.org/10.5007/2175-7925.2008v21n3p53

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. V.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997. 285p. (Boletim técnico, 100).

CARVALHO, M.E.A. **Efeitos do extrato de *Ascopyllum nodosum* sobre o desenvolvimento e produção de cultivos**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2013.

CHIODINI, B. M.; SILVA A. G.; NEGREIROS A. B.; MAGALHAES, L. B. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 1, p. 181-190, 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p.

FERNANDES, A. L. T.; SILVA, R. O. Avaliação do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) no desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro irrigado por gotejamento e cultivado em condições de Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 13, p. 147-157, 2011.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p.1039-1042, 2011. https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001

FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, E. V. R.; QUEIROZ, D. L. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007. https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000200011

GALINDO, F. S.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; BELLOTE, J. L. M.; SANTINI, J. M. K.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S. Épocas de inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar afetando a produtividade da cultura do trigo irrigado. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 43-48, 2015.

GROHS, M.; MARCHESAN, E.; ROSO, R.; FORMENTINI, T.C.E; OLIVEIRA, M.L. Desempenho de cultivares de arroz com uso de reguladores de crescimento, em diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 47, n. 6, p. 776-783, 2012. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000600007

IGNA, R. D.; MARCHIORO, V. S. Manejo de (*Ascophyllum nodosum)* na cultura do trigo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 3, n. 1, p. 64-71, 2010.

KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R. L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

KUMAR, G; SAHOO, D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, n. 2, p 251-255, 2011. https://doi.org/10.1007/s10811-011-9660-9

LONG, E. **The importance of biostimulants in turfgrass management**. 2006. Disponível em: http://www.golfenviro.com/Article%20Archive/Biostimulants-Roots.htm. Acesso em: 23 dez. 2015.

LOYOLA, N.; MUÑOZ, C. Effect of the biostimulant foliar addition of marine algae on o‟neal production. **Acta Horticulturae**, v. 810, p. 709-722, 2009. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.810.94

MÓGOR, Á. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; MÓGOR, G. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido l-glutâmico e cálcio em feijoeiro. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 4, p. 431-437, 2008. 431.

NORRIE, J. **Advances in the use of Ascophyllum nodosum seaplant extracts for crop production**. Laboratory and Field Research. Acadian Seaplants Ltd., Dartmouth, Nova Scotia, Canada. 2008. Disponível em: http://www.fluidfertilizer.com/. Acesso em: 22 dez. 2015.

PASSAM, H. C.; OLYMPIOS, C. M.; AKOUMIANAKIS, K. The influence of pre and postharvest application of seaweed extract on early production and storage of cucumber. **Acta Horticulturae**, n. 379, p.229-236, 1995. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.379.28

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo-decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008. https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300001

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: IAC, 2001. 285p.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P; GONÇALVES, A. H.; VARANDA, M. A. F; TAUBINGER, M. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *Zea mays* L**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 307-318, 2013. https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p307-318

SILVA, T. P. **Características produtivas e físico-químicas de frutos de morangueiro orgânico cultivado com o uso de extrato de algas.** 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná, 2011.

SILVA, T. T. A.; VON PINHO, E. V. R; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIM, P. O.; COSTA, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 840-846, 2008. https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000300021

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800004

TEMPLE, W. D.; BOMKE, A. A. Effects of kelp (*Macrocytis integrifolia* and *Ecklonia maxima*) foliar applications on bean crop growth. **Plant and Soil**, v.117, n.1, p.85-92. 1989. https://doi.org/10.1007/BF02206260

THEAGO, E. Q.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; MEGDA, M. M.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 38, n. 6, p. 1826-1835, 2014. https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600017

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,** v. 18, n. 3-5, p.351-359, 2006. https://doi.org/10.1007/s10811-006-9044-8

VIEIRA, E.L.; SANTOS, C.M.G. Efeito de bioestimulante no crescimento e desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro. **Magistra**, v. 17, n. 3, p. 1-8, 2005.

ZHANG, X.; SCHMIDT, R. E.; ERVIN, E. H.; DOAK, S. Creeping bentgrass physiological responses to natural plant growth regulators and iron under two regimes. **HortScience**, v. 37, n. 6, p. 898-902, 2002. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.6.898