

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO “REABILIT® ALGAS” COMO BIOESTIMULANTE PARA O PIMENTÃO EM CULTIVO PROTEGIDO

Paulo César de Melo¹; Carlos Godinho de Abreu¹; Kiril Bahcevandziev²; Glacio Souza Araujo³; Leonel Pereira⁴

¹Department of Biology, Federal University of Lavras/UFLA, Brasil, carlosgodinhoab@gmail.com; ²School College of Agriculture (ESAC/IPC), Research Centre for Natural Resources Environment and Society (CERNAS), Institute of Applied Research (IIA), Portugal, kiril@esac.pt; ³Ceara Federal Institute/IFCE - Campus Aracati, glacio@ifce.edu.br. ⁴Department of Life Sciences (DCV), University of Coimbra/UC, Portugal, leonel.pereira@uc.pt;

*Corresponding author: Paulo César de Melo, Department of Agriculture, Federal University of Lavras/UFLA, Brasil, pós-doc at the University of Coimbra/UC, Faculty of Science and Technology (FCT), Department of Life Sciences (DCV), +351 910 842 139, pcmelo@ufla.br e, ou paulo.melo@uc.pt

RESUMO

As macroalgas marinhas são uma vasta fonte de matérias-primas e de moléculas biologicamente ativas utilizadas na indústria farmacêutica, cosmética, alimentícia e agrícola. A busca por um alimento livre de resíduos químicos por parte dos consumidores tem levado os produtores à utilização de produtos ecológicos e economicamente viáveis por serem fonte de compostos naturais se configurando em uma nova e promissora área de estudos. Neste contexto os Extratos Concentrados de Algas Marinhas (ECAM's) se apresentam como importante alternativa nesse modelo de produção. O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos de um produto comercial Reabilit® Algas, a base de ECAM's, se atuam como bioestimulante no metabolismo das plantas, na indução de mecanismos de defesa vegetal, promoção do crescimento e desenvolvimento de produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.) e muito cultivada em ambiente protegido por pequenos e médios produtores.

Em particular, foi dado enfoque ao potencial biotecnológico dos polissacarídeos de macroalgas marinhas na estimulação do crescimento das plantas e na atividade fotossintética, é que se realizou um experimento científico com um bioestimulante. E este trabalho foi conduzido no período de 24 de junho a 30 de outubro de 2019. A cultura do pimentão foi escolhida por apresentar alta sensibilidade aos estresses bióticos e abióticos, gerando boas respostas na avaliação da capacidade bioestimulante e antiestresse de um ECAM's aplicado. Foram avaliados o número de folhas, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, comprimento da planta, comprimento de raiz, massa fresca da raiz, massa seca da raiz, avaliação metabólica e produção de frutos produzidas pelas plantas de pimentão. Os resultados da condutância estomática das plantas de Pimentão, a produção e a biofortificação são função dos teores de todos os nutrientes absorvidos pela planta, na qual refletiram o efeito do bioestimulante aplicado. A dose que apresentou melhores resultados avaliados foi a concentração de 0,5% do Reabilit® Algas em fases distintas de aplicações.

Palavras chaves: ECAM's, Macroalgas; *Rhodophyta*; *Phaeophyta*; Bioestimulante; *Capsicum annuum* L.

INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma solanácea perene, cultivada como cultura anual e de grande importância socioeconômica, (Figueira, 2008).

Se constitui numa cinco culturas com maior área plantada em sistema de cultivo protegido, tanto no Brasil como em diversos países, em razão, principalmente, do aumento da produtividade, qualidade dos frutos e obtenção de bons preços de mercado quando cultivado nessa condição por pequenos e médios produtores, sendo comercializado como fruto verde, vermelho, amarelo e laranja.

Os maiores produtores mundiais são México, Estados Unidos, Itália, Japão, Índia e Brasil, (Roselino et al., 2010, Cantuário, 2012).

No Brasil, o pimentão é uma das dez hortaliças mais importantes para o mercado hortifrutigranjeiro, tendo área plantada de 13 mil hectares e produção próxima a 290 mil toneladas de frutos por ano (Marouelli & Silva, 2012), e é largamente explorada, sendo cultivada em todo território nacional, principalmente por pequenos e médios horticultores, devido ao rápido retorno dos investimentos, resultante do curto período da produção. Análises feitas pela ANVISA no pimentão desde 2001, demonstram altos índices de agrotóxicos não autorizados para a cultura, utilizados para controlar doenças e insetos. Considerando essa relevância e a busca pela produção

orgânica do pimentão é uma prática viável, sendo imprescindível o aperfeiçoamento de novas tecnologias compatíveis a este tipo de produção, principalmente com o uso de substâncias a base de bioextratos de algas marinhas.

Os extratos concentrados de macroalgas marinhas são amplamente utilizados em horticultura, em grande parte por seus efeitos promotores de crescimento e tolerância das culturas a estresses abióticos, como salinidade, estresse térmico, estresse hídrico e deficiência de nutrientes. Os constituintes químicos dos extratos concentrados de algas marinhas incluem polissacarídeos complexos, ácidos graxos, vitaminas, fitohormônios e nutrientes minerais. Pesquisas recentes lançaram luz sobre os possíveis efeitos moleculares dos mecanismos ativados por extratos de algas marinhas e os efeitos fisiológicos que eles podem induzir em plantas, com especial referência às culturas hortícolas, (Battacharyya et al., 2015).

Atualmente, se ouve falar muito em bioestimulantes de plantas e seu conceito ainda está sendo bem definido, hoje o que se sabe é que bioestimulantes promovem o crescimento e desenvolvimento das plantas ao longo do ciclo da cultura, melhorando a eficiência do metabolismo da planta e a qualidade das culturas, as quais promovem um aumento da tolerância e rápida recuperação dessas plantas quando expostas a estresses abióticos e bióticos.

Os Bioextratos de Macroalgas Marinhas também atuam como Bioestimulantes de plantas, sendo esses efeitos atribuídos aos fitohormônios, ou fitorreguladores de crescimento de plantas e outros compostos, além de alelos químicos que são capazes de aumentar a tolerância a diversos estresses bióticos e abióticos. A maioria dos bioextratos comerciais de macroalgas marinhas, atualmente, é feita a partir de macroalgas castanhas. Os polissacarídeos extraídos de algas marinhas são substâncias naturalmente ativas e possuem importantes aplicações, o ágar, as carragenanas e as fucoidanas são bem conhecidos por terem vasta aplicação na indústria alimentícia, farmacêutica e biotecnológica. Entretanto, o interesse pelo potencial biotecnológico dos polissacarídeos de algas marinhas é recente (Alves et al., 2013) e nas últimas décadas, a descoberta de metabólitos com atividade biológica a partir de macroalgas cresceu substancialmente (Holdt e Kraan, 2011).

Os Bioextratos de MacroAlgas Marinhas por conterem fitorreguladores exercem efeito sobre algumas das vias mais importante no metabolismo das plantas, no anabolismo e catabolismo dos vegetais, como aumentos na capacidade antioxidante, nos teores fenólicos e no teor de flavonoides em plantas tratadas com esse bioativadores. No geral, os fitorreguladores atuam no crescimento e desenvolvimento de partes ou do todo da planta, para induzir a manutenção de um estágio fenológico (fase vegetativa - crescimento), ou a mudança de estágio (da fase vegetativa para a fase reprodutiva - florescimento e frutificação) e também para induzir o enraizamento (auxinas) e novas brotações (giberelinas e citocininas), (Pereira et al., 2020).

Os produtos a base de macroalgas marinhas são um “novo conceito de insumo para agricultura do futuro”, pois os fertilizantes com macroalgas marinhas promovem o efeito Bioativador, efeito este, responsável por proporcionar às plantas estímulos de crescimento vegetativo e defesa contra patógenos, a presença de fitohormônios como: citocininas, auxinas, ácido abscísico, ácido giberélico e ácido salicílico que atuam melhorando a eficiência de absorção, bem como a realização de fotossíntese, que acarreta em maior vigor vegetativo e, conseqüentemente, maior crescimento e desenvolvimento das plantas, (Melo et al., 2020).

Dessa forma, objetivou-se avaliar a eficiência agrônômica do bioestimulante Reabilit® Algas, a base de ECAM's – Extrato Concentrado de Algas Marinhas no desenvolvimento da cultura do pimentão em condições controladas.

MATERIAIS E MÉTODOS

As plantas foram cultivadas em vasos plásticos de 4,5dm³, duas plantas por vaso. Durante todo o ciclo do Pimentão e até a pré-colheita as regas automatizadas consistiam em número de 4 aplicações diárias, as 10hs, 12hs, 14hs e 16hs, com tempo de rega 6min, vazão dos bicos gotejadores 2,0L.h⁻¹, o teor de água utilizado na irrigação dos vasos, origem de represamento por barragem e bombeada para reservatório de 5mil litros, a qual foi mantido em 60% do volume total de poros do substrato utilizado nos vasos, durante todo o experimento. Utilizado como base um substrato composto de terra de barranco (60%), areia (30%) e esterco bovino curtido (10%), com os atributos químicos antes da aplicação dos tratamentos, referente a junho de 2019, apresentados na Tabela 1.

As fertilizações após transplantio das plântulas foram de acordo com a demanda da planta, foi aplicado em fertirrigação uma formulação solúvel NPK 8-11-38 + Mg-1.6%; S-2.9%; B-0.02%; Cu-0.004%; Fe-0.2%; Mn-0.04%; Mo-0.004% e Zn-0.02%, Sulfato de Amônio, Nitrato de Cálcio e Cloreto de Potássio, para a produção vegetal.

O delineamento experimental consistiu na produção de um pimentão cultivar híbrido Elisa (Rogers) (*Capsicum annuum* L.) um produto comercial, Reabilit® Algas, bioestimulante e bioativador fotossintético para recuperação vegetal e prevenção dos estresses de plantas.

Tabela 1 - Análise do substrato composto utilizado antes da aplicação dos tratamentos cuja composição química, junho 2019.

pH H ₂ O	P	K	Ca	Mg	T	V	M	MO	P-rem
	-----mg.dm ⁻³ -----		-----cmol.c.dm ⁻³ -----			-----%-----			mg.L ⁻¹
6,3	27,02	649,07	0,95	0,10	4,27	63,57	24,93	2,55	17,45
ARGILA	SILTE	AREIA	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
	-----%-----		-----mg.dm ⁻³ -----						
42	3	55	4,24	66,28	6,62	1,74	0,04	14,50	

Este produto caracteriza-se pelo teor de nutrientes minerais : 3%Mg; 4%S; 3%Fe e 0,3%B, ingredientes orgânicos adicionais: ECAM's, aminoácidos, fitormônios e substâncias orgânicas que agem no equilíbrio fisiológico, fotossintético e nutricional das plantas. No ensaio foram utilizadas 5 doses do produto em 3 repetições para cada tratamento, os tratamentos aplicados foram: T1- Controle sem produto; T2- Reabilit® Algas a 0.5%; T3- Reabilit® Algas a 1.0%; T4- Reabilit® Algas a 1.5% e T5- Reabilit® Algas a 2,0%, em duas pulverizações, a primeira na pré-floração e a segunda na formação dos frutos

Para se determinar o índice de Eficiência Agrônômica, proposto por Barnes & Kamprath (1975), o qual é calculado por meio da relação percentual entre os tratamentos propiciada pela aplicação de concentrações do produto testado, subtraindo-se destes a produtividade do tratamento controle, sendo calculada da seguinte forma:

$$E.A. (\%) = [(Y2 - Y1)/(Y1)] \times 100$$

Em que, Y1 = Produção obtida pelo tratamento controle, na dose "zero"; Y2 = Produção obtida com as doses aplicadas.

Para as características físicas, avaliou-se, o número de folhas, a massa fresca e seca da parte aérea, comprimento da parte aérea e de raiz, a massa fresca e seca da raiz, avaliação metabólica (condutância estomática) e a produção de frutos. Para as características químicas, com base nos resultados obtidos no Boletim de Análise Foliar dos Teores de Macronutrientes, determinou o acúmulo dos nutrientes nas plantas, a exportação de nutrientes com base no acúmulo de nutrientes em função da matéria seca da parte aérea.

A condutância estomática (CE) foi obtida segundo a analogia da Lei de Ohm, por meio do somatório das condutâncias estomáticas em paralelo das duas faces de cada folha analisada, metodologia utilizada por SHARPE (1973) e SOJKA & PARSONS (1983) referindo-se à equação abaixo:

$$1/CE = 1/CAD + 1/CAB,$$

em que, CS - condutância estomática da cultura, mmol.m⁻².seg⁻¹; CAD - condutância da superfície adaxial, e CAB - condutância da superfície abaxial.

As medições da condutância estomática da cultura foram efetuadas utilizando-se de um porômetro SC-1 Leaf Porometer com medidas diretas de condutância estomática. A inovadora tecnologia de estado estacionário do SC-1 Leaf Porometer torna a obtenção de medições precisas de condutância estomática acessíveis e práticas para a pesquisa diária, determina a condutância estomática, medindo o fluxo de vapor real da folha para o ambiente, a qual foi determinada às 12hs

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e Teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, após determinado a diferença mínima significativa. Em termos práticos, esse valor nos dá uma margem de igualdade, pois se a diferença entre dois tratamentos for maior do que isso, as médias são diferentes, no programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2020).

LOCAL DE EXECUÇÃO

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola/DEA da Universidade Federal de Lavras/UFLA, localizada no município de Lavras - MG, a 21°12'54" de latitude Sul e 45°03'16" de Longitude Este, a 892 metros de altitude, segundo a classificação climática de Köppen (1948), o clima regional é do tipo Cwa, com características Cwb, apresentando duas estações definidas seca com temperaturas mais baixas de abril a setembro, e chuvosa, com temperaturas mais elevadas, de outubro a março

(Dantas et al., 2007). O experimento foi realizado entre os meses de junho a outubro de 2019. A temperatura máxima e mínima registrada dentro da casa de vegetação nos períodos de junho, julho, agosto, setembro e outubro foram, respectivamente, 31,7 e 7,4°C; 29,2 e 9,1°C; 32,4 e 9,3°C; 31,5 e 17,5°C; 36,8 e 13,1°C. Durante o ensaio foram coletados dados climatológicos diários no interior da casa de vegetação, com uso de termohigrômetro (Humidity/Temperat).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições de Condutância Estomática começaram quando as plantas apresentaram 5 pares de folhas e foram feitas nas faces adaxial e abaxial de folhas da cultura do Pimentão (*Capsicum annuum* L.), localizadas na parte superior da planta, expostas à radiação solar. Três plantas por avaliadas e escolhidas ao acaso. Em cada planta, uma folha da parte superior, totalmente expandida e exposta à radiação solar foi selecionada Tabela 2.

Tabela - 2. Valores para Condutância Estomática (CE) em $\text{mmol.m}^{-2}.\text{seg}^{-1}$, com medição em 3 plantas de cada tratamento e Eficiência Agrônômica – E.A. (%), percentagem de aumento em relação a testemunha T1, realizada no estágio fenológico, maturação fisiológica das plantas de Pimentão, às 12hs, Casa-de-Vegetação, Departamento de Engenharia Agrícola – DEA/UFLA, 2019.

Tratamento	Medição	Condutância Estomática (CE) $\text{mmol.m}^{-2}.\text{seg}^{-1}$ Média	E.A. % em relação ao T1
T1- Testemunha	3 plantas	321,4	00
T2- Reabilit® Algas 0,5%	3 plantas	408,0	27
T3- Reabilit® Algas 1,0%	3 plantas	361,2	12
T4- Reabilit® Algas 1,5%	3 plantas	332,9	04
T5- Reabilit® Algas 2,0%	3 plantas	385,0	20

De acordo com a Tabela 2 os valores de condutância estomática em $\text{mmol.m}^{-2}.\text{seg}^{-1}$ foram verificadas diferenças nas médias em percentagem de aumento do índice da Eficiência Agrônômica na aplicação do produto bioestimulante Reabilit® Algas, que variaram de 4% a 27% em relação a testemunha T1. O maior valor encontrado de condutância estomática foi no Tratamento T2, a qual a Eficiência Agrônômica foi 27% superior a Testemunha.

À medida que a disponibilidade de água no solo diminui, a taxa de transpiração decresce como resultado do fechamento dos estômatos. Esse é um dos importantes mecanismos de defesa que as plantas apresentam contra perdas exageradas de água, e eventual morte por dessecação (Glenn et al., 2000). Uma das principais respostas das plantas ao déficit hídrico é o fechamento dos estômatos, e com isto, a diminuição do CO_2 para o mesófilo foliar, o que causa a queda da fotossíntese, isto possibilita que avaliações fisiológicas, como as medidas de trocas gasosas, possam ser utilizadas para avaliar os efeitos da deficiência hídrica em plantas (Souza et al., 2001).

Segundo OLIVEIRA et al. (2005), quando a umidade do solo é baixa, os estômatos fecham-se antecipadamente pela manhã, uma vez que, nessa condição, a abertura dos estômatos não é função da energia incidente, e sim da disponibilidade hídrica da planta. Além do efeito direto da resistência estomática à difusão de vapor d'água de plantas quando submetidas à deficiência hídrica, pode ocorrer também a diminuição da fotossíntese causada pelo aumento da temperatura dentro do ambiente, no caso do cultivo protegido. FARIAS et al. (1992) apresentam resultados que demonstram que, no interior de estufas, a radiação solar difusa chega a ser, em média, 65% maior do que externamente. As temperaturas registradas dentro casa-de-vegetação no mês de agosto atingiram temperaturas máximas diárias variando de 26,4°C a 32,4°C, o que teoricamente podem levar a um fechamento estomático, ocasionado pelo déficit hídrico, tornando escassa a disponibilidade de fotossintatos para o desenvolvimento dos frutos

Durante todo o ciclo do Pimentão e até a pré-colheita as regas automatizadas consistiam em número de 4 aplicações diárias, as 10hs, 12hs, 14hs e 16hs, tempo de rega de 6min, vazão dos gotejadores de $2,0\text{L.h}^{-1}$ para que se atingissem 60% da umidade no substrato utilizado nos vasos, entretanto a irrigação é imprescindível à produção em ambiente protegido, sendo necessário suprimento regular durante todo o seu ciclo (Cantuário, 2012). Segundo SOUZA et al., 2013, para o melhor desenvolvimento da planta de Pimentão, o teor de umidade no

substrato deve ser mantido próximo a 80% da capacidade de campo durante o período de frutificação a colheita. Portanto, tanto à falta de água no solo como seu excesso pode reduzir a produtividade da cultura. Pode-se inferir que o uso do Bioestimulante Reabilit® Algas proporcionou percentagem de aumento da Eficiência Agronômica na condutância estomática da ordem de 27%, 20%, 12% e 4% nos tratamentos T2, T5, T3 e T4, respectivamente, em comparação a Testemunha, pois os valores de condutância estomática representam os estômatos totalmente abertos e favorecendo a transpiração pela ausência de déficit hídrico durante todas as fases fenológicas da cultura do Pimentão, razão pelas diferenças significativas encontradas na produção de frutos (Tabela 4). Tais resultados, podem estar relacionados a composição do bioestimulante, que apresenta porcentagem de compostos biológicos, tais como ECAM's, aminoácidos, fitormônios e substâncias orgânicas que auxiliam no desenvolvimento da planta e estimulam o alongamento celular e equilíbrio hormonal na tolerância ao déficit hídrico pela menor concentração adotada e aplicada

AVALIAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Após a análise de comparação das médias no teste de Tukey, para massa fresca da parte aérea em relação ao tratamento controle T1, observa-se que, com exceção dos tratamentos T4, T5, todos os tratamentos apresentaram diferença estatística, ($p < 0,05$), na qual o tratamento T2 apresentou maior diferença numérica. Contudo, quando os tratamentos derivados de maiores doses são comparados entre si, com exceção do tratamento T2 e T3 que difere do tratamento T1, estes tratamentos não apresentam diferença estatística. Este resultado pode sugerir que as menores doses do Reabilit® Algas desempenham melhores funções para esta variável, já que o tratamento T5 que possui a maior dose do Reabilit® Algas apresentou o menor efeito e, o tratamento T2 que possui a menor dosagem real do Reabilit® Algas, apresentou o maior efeito observado no experimento. Conforme pode-se observar na Tabela 3, abaixo.

As características físicas avaliadas após a colheita das plantas e dos frutos de Pimentão são apresentadas na Tabela 3. Valores representando as médias de 3 repetições/tratamento.

Tabela 3. Valores de Número de Folhas (NF), Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Comprimento da Parte Aérea (CPA) Comprimento de Raiz (CR), Massa Fresca da Raiz (MFR) e Massa Seca da Raiz (MSR), média de 3 repetições/tratamento e o índice de Eficiência Agronômica – E.A. (%) de cada característica avaliada das plantas de Pimentão.

Trat.	Média NF (unid.)	E.A. (%) NF	Média MFPA (g)	E.A. (%) MFPA	Média MSPA (g)	E.A. (%) MSPA	Média CPA (cm)	E.A. (%) CPA	Média CR (cm)	E.A. (%) CR	Média MFR (g)	E.A. (%) MFR	Média MSR (g)	E.A. (%) MSR
T1	39	00	104 c	00	15,03	00	50	00	13	00	16	00	3,0	00
T2	97	148	236 *	127	32,01	113	87	73	33	154	41	156	8,0	167
T3	84	115	186 b	79	24,65	64	89	78	43	230	42	165	7,2	140
T4	50	28	109 c	05	16,03	07	56	11	29	123	31	94	4,4	46
T5	42	08	94 c	-9	15,24	02	62	24	37	185	37	134	3,8	25

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna MFPA, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 3, os resultados do número de folhas, massa fresca da parte aérea e de raiz, massa seca da parte aérea e de raiz, comprimento da parte aérea e de raiz, apresentam aumentos em percentuais relativos no índice da Eficiência Agronômica – E.A.%, aos valores da Testemunha T1, E.A. 00%. Como referência ao melhor tratamento T2 – Reabilit® Algas 0,5% (via foliar, em 2 aplicações, uma na pré-floração e a outra na formação dos frutos), apresentou valores de Eficiência Agronômica da ordem de NF 148%, da MFPA 127%, da MSPA 113%, do CPA 73%, do CR 154%, da MFR 156% e da MSR 167% em relação ao tratamento Testemunha T1, controle.

Destaca-se o aumento da Eficiência Agronômica no comprimento de raiz, da massa fresca e massa seca de raiz, pela aplicação do produto Reabilit® Algas versus a sua ausência que foram da ordem de 123% a 230% para CR, e de 94% a 165% para a MFR, e de 25% a 167% para MSR. Foi observado que a massa seca de raiz no Tratamento T2, atingiu 167% a mais no índice Eficiência Agronômica em comparação com a Testemunha, a qual se pode inferir que esse volume de raízes contribuiu para maior absorção de nutrientes, refletindo no peso de frutos total, significativo a $p < 0,05$, (Tabela 4).

A maior produção de massa fresca da parte aérea nos tratamentos T2 e T3, frente ao testemunho, faz com que as plantas possuam uma maior capacidade de sintetizar e fornecer fotoassimilados como fonte para a produção dos frutos. Portanto, quanto aos resultados das características físicas avaliadas nas plantas de Pimentão o uso do produto Bioestimulante Reabilit® Algas, na cultura do Pimentão (*Capsicum annuum* L.) pode ser altamente viável. Após a análise de comparação das médias no teste de Tukey, para peso de frutos total em relação ao tratamento controle, T1, observa-se que todos os tratamentos apresentaram diferença estatística, ($p < 0,05$), onde o tratamento T2, T3 e T5 apresentaram maior diferença numérica. Contudo, quando o tratamento derivado da dose 1,5% apresentou um decréscimo nesta variável, quando comparado entre os tratamentos T2, T3 e T5 que diferem do tratamento T1, este resultado pode sugerir que o peso de frutos foi função da massa fresca da parte aérea (Tabela 4) a qual a produção de fotoassimilados deste tratamento não desempenhou as melhores funções para esta variável. Conforme pode-se observar na Tabela 4, abaixo, as características físicas avaliadas após a colheita dos frutos de Pimentão. Valores representando as médias de 6 (seis) plantas/tratamento.

Tabela 4. Resultados do Diâmetro Longitudinal (DL), Diâmetro Transversal (DT), Número de Frutos (NFR), Massa de Frutos (MFR), valores média de 6 plantas/tratamento; Massa de Frutos Total (MFRT), somatório de 6 plantas em cada tratamento; Produtividade (PROD) e Numero de Caixas (NC), estimativa de colheita por 1000 plantas e índice de Eficiência Agronômica – E.A. (%) da Massa de Frutos Total, das plantas de Pimentão, em uma Colheita, Casa-de-Vegetação, Departamento de Engenharia Agrícola – DEA/UFLA, 2019.

Trat.	DL Max mm	DL Média mm	DL Min mm	DT Max mm	DT Média mm	DT Min mm	NFR 6 plantas unidades	MFR Média (g)	MFRT 6 plantas (kg)	E.A. MFRT (%)	PROD. 1000 plantas (kg)	NC** 1000 plantas
T1	117,3	89,7	57,6	61,8	51,1	35,0	20	55,80	1,116 c	00	186	17
T2	115,5	96,6	73,0	72,7	60,0	44,9	21	89,69	1,884 a*	69	314	29
T3	109,3	96,7	82,7	79,5	61,2	50,0	21	84,39	1,772 a	59	295	27
T4	99,4	82,4	61,9	73,1	58,3	42,3	21	70,25	1,475 b	32	246	22
T5	112,3	92,5	74,1	85,3	63,2	52,4	19	84,43	1,604 a	44	267	24

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Caixa de pimentão = 11kg

De acordo com a Tabela 4, as medidas de Diâmetro Longitudinal - DL foram tomadas no eixo que vai da base da inserção do pedúnculo ao ápice do fruto, e as medidas de Diâmetro Transversal - DT foram tomadas no maior diâmetro transversal dos frutos, sendo classificado como retangular o fruto cujo diâmetro longitudinal é maior do que o diâmetro transversal, (Leme, 2012). Como requisitos gerais, o pimentão deve apresentar as características varietais bem definidas, estar fisiologicamente desenvolvido, bem formado, limpo, com coloração uniforme, livre de danos mecânicos, fisiológicos, de pragas e doenças, isento de substâncias nocivas à saúde, e por apresentar diâmetro longitudinal médio de 82,4 até 96,7mm em todos os tratamentos, se enquadram na Classe 8 – comprimento de 80 a 100mm (hortibrasil.org.br, acesso: março/2020), estes valores DL e DT demonstram que podemos afirmar que mais de 90% dos frutos são comerciais, atestando a qualidade dos frutos de Pimentão submetidos a aplicação do Reabilit® Algas.

Os valores de massa de frutos total – MFRT, foram significativos ($p < 0,05$), nos tratamentos T2, T3, T4 e T5, Reabilit® Algas a 0,5%, 1%, 1,5% e a 2% representaram um aumento no índice de Eficiência Agronômica de 69%, 59%, 32% e 44% nessa característica, respectivamente, pelas aplicações do Reabilit® Algas em comparação ao controle.

A produção de frutos totais foi avaliada por meio da Eficiência Agronômica (E.A.), proposto por Barnes & Kamprath (1975), o qual foi calculado por meio da relação percentual entre os tratamentos propiciada pela aplicação das concentrações do Reabilit® Algas subtraindo-se destes a produtividade do tratamento controle, obtida com as seguintes doses do Reabilit® Algas (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0%);

Para os mesmos aumentos em percentuais relativos, Eficiência Agronômica dos Peso de Frutos Total, em comparação aos valores da Testemunha T1, o tratamento T2, a sua produtividade foi da ordem de

314kg.1000plantas⁻¹.colheita⁻¹, 69% e no tratamento T3, a sua produtividade foi de 295kg.1000plantas⁻¹.colheita⁻¹, 59% e no T4 foi de 245kg.1000plantas⁻¹.colheita⁻¹, 32%, e no tratamento T5, foi de 267kg.1000plantas⁻¹.colheita⁻¹, 44% quando se comparam com a produtividade da testemunha T1, valor de 186kg.1000plantas⁻¹.colheita⁻¹, 0%.

FONTES et al., (2005) caracterizando o crescimento, partição de matéria seca e produção de pimentão (híbrido Elisa) em ambiente protegido, verificaram crescimento contínuo da planta ao longo do ciclo e maior quantidade de matéria seca nos frutos. Os autores afirmam que a produção total de frutos maduros cultivados convencionalmente neste tipo de ambiente, cultivo protegido, a cada 1000 plantas, supera 700 caixas em 32 colheitas por um período máximo de até 8 meses de cultivo e os frutos comerciais correspondem a mais de 90% da produção total. Baseado nesta informação técnica, a cada colheita comercial, em cultivo protegido, em 1000 plantas pode se obter 21 caixas de 11kg. Podemos destacar que além da alta tecnologia empregada no cultivo protegido, nos tratamentos T2 – Reabilit® Algas 0,5% e T3 – Reabilit® Algas 1,0%, a estimativa de caixas por 1000 plantas foram de 29cx (11kg) e 27cx (11kg), respectivamente, e pode-se afirmar que a produção superior em caixas pelo uso do Reabilit® Algas, em qualquer concentração, contrastou com a testemunha a qual a estimativa de caixas por 1000 plantas foi de 17cx (11kg). Tais resultados podem ser explicados pela composição química mineral em nutrientes, ingredientes orgânicos adicionais, adubação complementar de acordo com a demanda da cultura, a qual age no equilíbrio fisiológico, fotossintético e nutricional das plantas e com isso promovem o aumento da concentração de nutrientes no tecido foliar, juntamente com adubação via solo afetando diretamente a produtividade.

A planta absorve os nutrientes pelas raízes ou pela superfície da folha, (SILVA et al., 1999). Os extratos de algas alteram aspectos físicos, bioquímicos e biológicos, e também pode afetar a arquitetura das plantas e das raízes, a qual facilita a absorção eficiente de nutrientes. Os nutrientes presentes nos extratos de algas marinhas são facilmente absorvidos pelas folhas através de estômatos e cutículas hidrofílicas. A absorção desses nutrientes minerais da superfície das folhas é afetada por condições ambientais como temperatura, umidade ou intensidade da luz que influenciam a abertura dos estômatos e permeabilidade da cutícula e parede celular, (Craigie, 2011)

Portanto, quanto aos resultados das características físicas avaliadas nas plantas de Pimentão (*Capsicum annum* L.) o uso do produto Bioestimulante Reabilit® Algas, nesta cultura pode ser altamente viável.

Com base nos resultados obtidos no Boletim de Análise Foliar dos Teores de Macronutrientes (Tabela 5), determinaram-se o acúmulo dos nutrientes nas plantas, a exportação de nutrientes com base no acúmulo de nutrientes em função da matéria seca da parte aérea – MSPA, dados da Tabela 3.

Tabela 5. Valores das análises foliares das plantas de Pimentão, teores de macronutrientes, Acúmulo – AC em kg.1000⁻¹ plantas.

TRAT./ MSPA** (kg.1000 plantas ⁻¹)	N		P		K		Ca		Mg		S	
	Teor g.kg ⁻¹	AC-N Kg.1000 plantas ⁻¹	Teor g.kg ⁻¹	AC-P Kg.1000 plantas ⁻¹	Teor g.kg ⁻¹	AC-K Kg.1000 plantas ⁻¹	Teor g.kg ⁻¹	AC-Ca Kg.1000 plantas ⁻¹	Teor g.kg ⁻¹	AC-Mg Kg.1000 plantas ⁻¹	Teor g.kg ⁻¹	AC-S Kg.1000 plantas ⁻¹
T1/7,515 c	15,0	112,73	3,3	24,80	48,4	363,73	6,8	51,10	2,8	21,04	1,8	13,53
T2/16,005 a*	24,0	384,12	3,1	49,61	58,8	941,09	9,3	148,85	3,7	59,22	2,3	36,81
T3/12,325 b	22,7	279,78	3,1	38,21	61,2	754,29	12,0	147,90	4,7	57,93	2,5	30,81
T4/8,015 c	25,0	200,37	3,3	26,45	59,4	476,09	10,1	80,95	4,3	34,46	2,3	18,43
T5/7,620 c	30,0	228,60	4,9	37,34	60,1	457,96	14,5	110,49	7,2	54,86	3,5	26,67

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. **MSPA(kg.1000plantas⁻¹) = (MSPA(g)_{Tabela 2} X 3rep)/6 plantas.trat⁻¹.

O manejo correto da adubação são práticas necessárias para adequada nutrição do pimentão, o fornecimento balanceado de macro e micronutrientes é fundamental para a absorção equilibrada de nutrientes pela planta. Outro aspecto a ser considerado é a exigência nutricional específica das plantas para se estabelecer as quantidades certas de nutrientes a serem aplicadas com os fertilizantes para se obter os melhores rendimentos (Faquin, 2005). A faixa ideal de pH do solo para se cultivar Pimentão, deve ficar entre 5,5 a 6,8, portanto o valor encontrado no substrato utilizado foi de 6,3, descrito em Materiais e Métodos, portanto dentro da faixa adequada o que corrobora com FILGUEIRA, 2003.

O incremento na concentração dos teores dos macronutrientes no tecido foliar do Tratamento T1-Testemunha aos Tratamentos T2, T3, T4 e T5 para os nutrientes N, K, Ca, Mg e S, de uma maneira geral, pode estar relacionada ao

efeito da melhor absorção e reaproveitamento desses nutrientes pela planta de Pimentão pelo efeito Bioestimulante do Reabilit® Algas em razão da maior produção de massa seca da parte aérea – MSPA em kg.1000plantas⁻¹, principalmente nos tratamentos T2, T3 e T4, Tabela 3.

No tratamento T2 o acúmulo de N (AC-N) foi 240%, o de P (AC-P) foi 100%, o de K (AC-K) foi 159%, o de Ca (AC-Ca) foi 191%, o de Mg (AC-Mg) foi 182% e o de S (AC-S) foi de 172%, superiores em percentagem ao Acúmulo de Nutrientes, evidenciado por um valor de 69% a mais na PROD., em relação a testemunha (Tabela 3).

Em relação aos acúmulos de nutrientes (N, Ca, Mg, S, K e P), foi observado a ordem dos nutrientes absorvidos pelo Pimentão, após aplicação do Reabilit® Algas. Segundo FILGUEIRA, 2008, as principais exigências são pela ordem: K, Ca e N.

De acordo com o Teor Adequado de nutrientes em folhas do Pimentão na época da floração, os macronutrientes: o N varia de 20 a 60g.kg⁻¹, o P de 2,2 a 7,0g.kg⁻¹, o K de 40 a 60g.kg⁻¹, o Ca de 10 a 25g.kg⁻¹, o Mg de 3 a 10g.kg⁻¹ e o S de 4 a 6,2g.kg⁻¹. Portanto os teores de macronutrientes se encontravam na faixa adequada para a cultura do Pimentão, segundo FILGUEIRA, 2008.

Estudo em alface cultivada sob condições ideais, observou-se que a aplicação de extrato comercial de *Eklonia maxima* melhoraram o rendimento e a concentração de Ca, K e Mg nas folhas (Crouch et al., 1990). Outro produto à base de *E. maxima*, quando aplicado em pepinos estressados via foliar ou aplicação de raiz, houve crescimento da raiz e maior quantidades de P e N (Nelson e Van Staden, 1984). Dobromilska et al., 2008, testaram um produto comercial produzido com algas marinhas, via foliar, na cultura do tomate, a qual aumentou o teor de nutrientes minerais na seguinte ordem (N, P, K, Ca, Zn e Fe).

Os extratos concentrados de algas marinhas podem provocar uma série de respostas benéficas em vegetais, tais como: melhoria no vigor das plantas, desenvolvimento radicular, síntese de clorofila, promoção de florescimento precoce, frutificação e uniformidade dos frutos, assim como retardo da senescência, prolongamento da vida útil do produto, melhoria da qualidade nutricional, propiciando tolerância ao estresse hídrico, salino e geadas, atenuar doenças promovendo a tolerância as bactérias e aos fungos, auxiliar no controle de pragas, no controle de nematoides do solo, e possuir ação adjuvante em misturas com pesticidas (Craigie, 2011).

Portanto, quanto ao incremento na concentração dos teores dos macronutrientes no tecido foliar das plantas de Pimentão neste trabalho, pode-se afirmar que houve uma Biofortificação nas plantas de Pimentão pelo acúmulo dos nutrientes em relação ao tratamento controle, que de uma maneira geral, pode estar relacionada ao efeito da melhor absorção e redistribuição desses nutrientes pela planta de Pimentão pelo efeito das menores doses do Bioestimulante Reabilit® Algas em razão da maior produção de frutos por 1000plantas.

FOTOS APÓS A COLHEITA/Out-2019

Figura 1. Aspecto dos frutos após única colheita, por cada tratamento.

DL-58mm, DT-35mm T1 - TESTEMUNHA	DL-83mm, DT-50mm T3 - REABILIT® ALGAS 1,0
DL-116mm, DT-73mm T2 - REABILIT® ALGAS 0,5%	
DL-58mm, DT-35mm T1 - TESTEMUNHA	DL-92mm, DT-52mm T5 - REABILIT® ALGAS 2,0%
DL-82mm, DT-58mm T4 - REABILIT® ALGAS 1,5%	

paulo melo 23/4/20 13:17

Deleted:

Unknown

Formatted: Font:(Default) Courier New, 7 pt, Font color: Black

paulo melo 23/4/20 13:28

Deleted:

Unknown

Formatted: Font:(Default) Courier New, 7 pt, Font color: Black

CONCLUSÕES

- A condutância estomática de plantas de Pimentão foi bioestimulada pela aplicação do produto Reabilit® Algas a base de ECAM's;
- A menor dose do Reabilit® Algas [0,5%], em duas fases distintas, apresentou melhor eficiência em todos os parâmetros físicos e químicos avaliados nas plantas de Pimentão;
- Aplicações do Reabilit® Algas refletiram na massa de frutos, aumento da produção, com Eficiência Agronômica variando de 32% a 69%, em comparação ao controle;
- Produtos a base de ECAM's resultam em Praticabilidade e Eficiência Agronômica pela sua ação bioestimulante, corroborado com os resultados deste trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, alguns grupos têm realizado estudos voltados a este tema, extratos concentrados de algas marinhas – ECAM's e, por conta da nossa expressiva produção agrícola, acredito que esta linha de pesquisa logo venha a ter um incremento no seu desenvolvimento, inclusive com a oferta de novos produtos à base de várias outras espécies de algas, macro e micro, sendo esta mais uma das aplicações biotecnológicas dos extratos concentrados de algas marinhas.

Contudo, faz-se necessário mais estudos para determinação do melhor posicionamento agrícola a ser adotado. Espera-se que os dados obtidos neste trabalho sirvam como suporte para futuras pesquisas que objetivem a aplicação de produtos a base de ECAM's e o uso agrícola deste material. Sobretudo, também é esperado que os resultados colaborem para o possível uso de extratos de macroalgas marinhas na agricultura brasileira, tornando-a mais sustentável ambiental e economicamente viável.

ACKNOWLEDGMENT

We thank the financial support of the company "Nutri Fertilizantes Indústria e Comércio Agropecuário - LTDA. NUTRIMAX. CNPJ: 00.497.089 / 0001-43; Av. Perimetral Norte, Quadra 20 LT 11\12, 7427. Jardim Diamantina, Goiânia – GO, Brazil". Leonel Pereira: works is financed by national funds through FCT - Foundation for Science and Technology, I.P., 410 within the scope of the project UIDB/04292.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

BIBLIOGRAFIA

ALVES, A.; SOUSA, R.A. & REIS, R.L. A practical perspective on ulvan extracted from green algae. *Journal of Applied Phycology* (2013). 25:407–424.

BARNES, J.S.; KAMPRATH, E.J. Availability of North Carolina rock phosphate applied to soils. Raleigh: North Carolina State University, 1975. 23p. (Agricultural Experiment Station. Technical bulletin, 229).

CANTUÁRIO, F.S. Produção de pimentão submetido a estresse hídrico e silicato de potássio em cultivo protegido. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

CARVALHO, M.E.A.; CASTRO, P.R.C. e; Extratos de algas e suas aplicações na agricultura. Série Produtor Rural - nº 56. Universidade de São Paulo – USP. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ. Piracicaba 2014.

Classificação. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/pimentao/arquivos/norma.html>>. Acesso em: 15 março 2020.

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

CROUCH, I.J., BECKETT, R.P., VAN STADEN, J., Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient-stressed lettuce. *J. Appl. Phycol.* 2, 269–272. 1990.

DANTAS, A.A.A., CARVALHO, L.G., FERREIRA, E. Climatic classification and tendencies in Lavras region, MG Ciências e Agrotecnologia, v.31 n.6 ,Lavras, nov./dez. 2007.

DOBROMILSKA, R., MIKICIUK, M., GUBAREWICZ, K., Evaluation of cherry tomato yielding and fruit mineral composition after using of Bio-algeen S-90 preparation. J. Elem. 13, 491–499. 2008.

FAQUIN, V. Nutrição Mineral de Plantas. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. p.: il. - Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente.

FARIAS, J.R.B., BERGAMASCHI, H., MARTINS, S. R. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso da estufa plástica. Rev. Bras. Agrometeor. v.1, n.1, p.51-62, 1992.

FERREIRA, D.F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS. REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Available at: <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. Date accessed: 10 mar, 2020. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FILGUEIRA, F. A. R. Solanáceas: Agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, beringela e jiló. Lavras: UFLA. 2003. 333p.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008. 421 p.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; SILVA, D.J.H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.1, p.94-99, jan.-mar. 2005.

GLENN, D.M., SCORZA, R., BASSETT, C. Physiological and morphological traits associated with water use efficiency in the willow-leaf peach. Hortsci., v.35, n.7, p. 1241-43, 2000.

HOLDT, S.L. and KRAAN, S. Bioactive Compounds in Seaweed: Functional Food Applications and Legislation. Journal of Applied Phycology, (2011). 23: 543-597.

LEME, S. C. Qualidade pós-colheita de pimentões produzidos em sistema orgânico. 117f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

MAROUELLI, W.; SILVA, W.L.C. Irrigação na cultura do pimentão. Technical Report · January 2012 with 959 Reads. Report number: Circular Técnica 101, Affiliation: Embrapa Hortaliças.

MELO, P.C; ABREU, C.G.; BAHCEVANDZIEV, K.; PEREIRA, L. Marine Macroalgae Bioextract Changes the Index of Reflectance in Pepper Plants. Oceanography Fisheries Open Access Journal. Research Article, Volume 11 Issue 5 – March, 2020.

NELSON, W.R., VAN STADEN, J., The effect of seaweed concentrate on growth of nutrient-stressed, greenhouse cucumbers [Cucumis sativus Ecklonia maxima]. Hortic. Sci. 19, 81–82, 1984.

OLIVEIRA, A.D de; FERNANDES, E.J; RODRIGUES, T.J.D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. Eng. Agríc. v.25 n.1 Jaboticabal jan./abr. 2005.

PEREIRA, L; BAHCEVANDZIEV, k & JOSHI, N.H. Seaweeds as Plant Fertilizer, Agricultural Biostimulants and Animal Fodder. 1st Edition., CRC Press, 25 October 2019; 232 pages.

ROSELINO, A.C.; SANTOS, S.A.B.; BEGO, L.R. Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata* anthidioides Lepeletier 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. Brazilian Journal of Biosciences. Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 154-158, abr./jun. 2010.

SHARPE, P.J.H. Adaxial and abaxial stomatal resistance of cotton in the field. *Agronomy Journal*, Madison, v. 65, p.570-4. 1973.

SILVA, M. A. G; BOARETTO, A. E.; MELO, A. M. T.; FERNANDES, H. M G.; SCIVITTARO, W. B. Rendimento e qualidade de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido em função do nitrogênio e potássio aplicados em cobertura. Scientia Agrícola, v. 56, n. 4, p. 1199-1207, 1999.

SOJKA, R.E.; PARSONS, J.E. Soybean water status and canopy microclimate relationships at four row spacings. *Agronomy Journal*, Madison, v.75, p.961-8. 1983.

SOUZA, C.R., SOARES, A.M., REGINA, M.A. Troca gasosa de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. Pesq. Agropec. Bras., v.36, n.10, p.1221-30, 2001.

SOUZA, E.J.; CUNHA, F.F.R.; MAGALHÃES, F.F.; SILVA, T.R.; BORGES, M.C.R.Z. e ROQUE, C.G. Métodos para estimativa da umidade do solo na capacidade de campo. Revista de Ciências Agroambientais, Alta Floresta Ambientais, Alta Floresta-MT, v.11, n.1, p.43-50, 2013.

