



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ADJAIR JOSÉ DA SILVA

**RELAÇÃO N:K E BIOESTIMULANTE VEGETAL NA MORFOFISIOLOGIA
E NA PRODUÇÃO DO PIMENTÃO**

AREIA

2025

ADJAIR JOSÉ DA SILVA

**RELAÇÃO N:K E BIOESTIMULANTE VEGETAL NA MORFOFISIOLOGIA
E NA PRODUÇÃO DO PIMENTÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de “Mestre em Agronomia”. Área de Concentração: Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias

AREIA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586r Silva, Adjair José da.

Relação N:K e bioestimulante vegetal na
morfofisiologia e na produção do pimentão / Adjair José
da Silva. - Areia:UFPB/CCA, 2025.
74 f. : il.

Orientação: Thiago Jardelino Dias.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Crescimento. 3. Produtividade. 4.
Clorofila. 5. Nitrogênio. I. Dias, Thiago Jardelino.
II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.3)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

CERTIFICAÇÃO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: RELAÇÃO N:K E BIOESTIMULANTE VEGETAL NA
MORFOFISIOLOGIA E NA PRODUÇÃO DO PIMENTÃO**

AUTOR: ADJAIR JOSÉ DA SILVA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/12/2021



Documento assinado digitalmente
THIAGO JARDELINO DIAS
Data: 21/02/2025 08:31:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias – PPGA/CCA/UFPB



Documento assinado digitalmente
ADONIS QUEIROZ MENDES
Data: 21/02/2025 20:05:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Adôniz Queiroz Mendes – CVSA/IFPE



Documento assinado digitalmente
ALVARO CARLOS GONCALVES NETO
Data: 21/02/2025 12:44:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Álvaro Carlos Gonçalves Neto – DA/UFRPE
(Membro Externo)**



Documento assinado digitalmente
JERONIMO ANDRADE DA NOBREGA
Data: 20/02/2025 15:23:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Jerônimo Andrade da Nóbrega – CSL/IFPB
(Membro Externo)**



Documento assinado digitalmente
DIEGO SILVA BATISTA
Data: 20/02/2025 15:36:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Diego Silva Batista – PPGA/CCA/UFPB
(Membro Interno)**

Presidente da Comissão Examinadora

Dr. Thiago Jardelino Dias – Orientador

Aos meus pais, Antônia Alenice da Conceição,
José Sebastião da Silva Irmão, e aos meus irmãos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A princípio agradeço a Deus por tudo, principalmente por me manter firme, forte e fiel na missão e não me deixou desistir. Cristo ontem e hoje, Princípio e Fim, Alfa e Ômega. A ele o tempo e a eternidade, a glória e o poder, pelos séculos sem fim. Amém.

À Universidade Federal da Paraíba, ao Programa de Pós-graduação em Agronomia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus pais, José Sebastião e Antônia Alenice, aos meus irmãos, Isaldo Paraíso, Adjanir Antônia e Adjanildo José, pelo apoio, incentivo, aconselhamento, e pela torcida fiel e verdadeira de sempre.

Agradeço ao meu irmão que a vida me deu, Djalma Vitorino, que muitas das vezes me incentivou a ir cada vez mais longe, comungando dos mesmos sonhos e objetivos mediante as dificuldades e adversidades da vida, a você meu irmão, muito grato por tudo, saiba que és responsável pelo meu sucesso, desde outrora.

Ao meu orientador professor Dr. Thiago Jardelino Dias, pela orientação, ensinamentos acadêmicos, pela amizade e compreensão, durante todo o período do mestrado.

Aos professores doutores Adônis Queiroz Mendes, Álvaro Carlos Gonçalves Neto, Jerônimo Andrade da Nóbrega, e Diego Silva Batista pela participação na banca e valorosas contribuições.

Aos professores e professoras da UFPB/CCA pelos ensinamentos para minha formação e crescimento profissional.

Aos funcionários da UFPB/CCA, em especial ao Alexandre Paulino “Xuriu”, gente da melhor qualidade.

A Ana Carolina Bezerra, pela paciência, compreensão, parceria e amizade durante todo o processo e condução do experimento em campo, e em todas às vezes que precisei, sempre pude contar com ela, minha gratidão.

Agradeço a todos que fazem o Engenho Triunfo, na pessoa de Arthur, por ceder a área para a execução do experimento de campo, também ao Pedro, funcionário do Engenho, pela amizade e consideração.

Aos amigos Fabiano, Robério, Antônio Veimar, Raimundo Nonato, João Henrique, Arthur Henrique, José Manoel, Valéria Fernandes, e João Victor pela colaboração, sempre que precisei, estavam sempre comigo, na condução desta pesquisa.

Ao José Fidelis e Misael Mendes, pelo acolhimento todas às vezes que precisei utilizar o espaço do alojamento, na semana de Agronomia, e no dia da prova da seleção do mestrado, vocês são parte do meu crescimento profissional, muito grato.

Gratidão aos amigos do Gesucro, pela amizade e convivência, e quando precisei, estavam na vanguarda para me ajudar na condução do meu experimento.

Agradeço as orações e incentivos de minha madrastra Josefa Luzia, Dona Maria Pureza, dos meus tios, meus padrinhos e primos. Também aos que fazem a Associação Comunitária de Moradores e Agricultores do Sítio Queimados, o Instituto Federal de Pernambuco-Campus Vitória de Santo Antão, Instituto Melhores Dias, Instituto Internacional Despertando Vocações, e o Instituto Leão do Norte.

Aos amigos e colegas da Equipe Jardelinos, Adriano Lopes, Ana Carolina, Márcia Paloma, Lunara Alves, Valéria Fernandes, pela amizade e aprendizado compartilhado.

Agradecimento especial aos amigos que dividimos república juntos, Alex Lopes, Leandro Guerra (**In memoriam**), Fabiano Simplicio, Robério de Oliveira, Júnior Mangangá, Ricardo Sousa, Jardel Souza, Gemerson Machado, João Victor, Murilo Paiva, grato pela amizade, convivência, estima e consideração, que Deus vos abençoe sempre.

A todos da turma de mestrado e doutorado de 2019.1 CCA-Campus II. Aos que estiveram comigo nessa jornada no CCA, contribuindo de forma direta ou indiretamente para o meu crescimento pessoal e profissional.

“E a esperança não nos decepciona.”

Romanos 5:5

SILVA, Adjair José da. **“Relação N:K e bioestimulante vegetal na morfofisiologia e na produção do pimentão”**. 2021. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

O pimentão *Capsicum annuum* L. é uma cultura que desempenha um papel de destaque no âmbito econômico brasileiro, sendo muito exigente nos macronutrientes Nitrogênio (N) e Potássio (K) para seu desenvolvimento. Dessa maneira, o emprego de manejos diferenciados na produção de culturas olerícolas podem resultar em aumentos de produtividade, como o bioestimulante vegetal que aplicado às plantas tem como objetivo aumentar a eficiência nutricional. Neste contexto, objetivou-se testar os efeitos da adubação N:K e doses de bioestimulantes nas características agrônômicas e produção do pimentão *C. annuum* em campo. A realização da pesquisa ocorreu no período de março a julho de 2020, no Engenho Triunfo, zona rural do município de Areia-PB. O estudo foi desenvolvido, abordando os aspectos acima explanados, sendo dividido em três artigos. No artigo I estudaram-se as relações N:K e aplicação de doses de bioestimulante vegetal na produção de pimentão. No primeiro experimento, a interação da relação N:K e doses de Bioestimulante obtiveram efeito significativo para todas as características estudadas: número de frutos por parcela, peso médio dos frutos, comprimento e diâmetro, número de frutos imaturos, produção e produtividade. Como conclusão recomenda-se a interação 3:1 (75% N 25% K) e a dose 4,5 mL de bioestimulante na produção de *C. annuum*, visando a produção e produtividade máxima da cultura do pimentão. No artigo II avaliou-se o efeito da adubação com N:K e doses de bioestimulante no crescimento de plantas de *C. annuum*. A interação da relação N:K e Doses de Bioestimulante obtiveram efeito significativo para todas as variáveis analisadas, sendo elas: Altura de planta, Diâmetro do caule, Índice de área foliar, Área foliar, Taxa de crescimento absoluto, taxa assimilatória líquida, Massa seca das folhas, Massa seca do caule e Massa seca total. A relação N:K de 1:1 foi a mais adequada para crescimento, diâmetro e altura, na dose 4,5 mL de Stimulate®. Quanto a área foliar e índice de área foliar as doses de 2,8 mL e 2,2 mL de bioestimulante nas relações 3:1 e 2:1, são indicadas. Quanto à massa seca das folhas a relação N:K de 2:1 foi favorável, na dose 3,4 mL de Stimulate®. Para massa seca do caule e massa seca total, a relação N:K de 2:1, e dose de 4,5 mL do bioestimulante podem ser indicadas para as condições desta pesquisa. No artigo III estudaram-se as fluorescências de clorofila: fluorescência inicial, máxima, variável. E os índices de clorofila: clorofilas *a*, *b* e total. Pela análise de variância foi observado que não houve efeito significativo na interação dos fatores, doses de bioestimulante e proporções de N:K, como também não houve efeito significativo para ambos os fatores isolados na atividade fotoquímica e pigmentos fotossintéticos do pimentão aos 30 e 60 dias após o plantio (DAP). O uso das proporções de N:K 1:2 e 2:1 não necessitaram do uso do bioestimulante para maior fluorescência da clorofila e síntese de pigmentos clorofilados.

Palavras-chave: crescimento; produtividade; clorofila; nitrogênio; stimulate®.

SILVA, Adjair José da. “N:K ratio and plant biostimulant in the morphophysiology and production of bell pepper”. 2021. 76f. Dissertation (Master in Agronomy). Postgraduate Program in Agronomy. Center of Agricultural Sciences - Federal University of Paraíba.

ABSTRACT

Capsicum annuum L. pepper is a crop that plays a prominent role in the Brazilian economic context, being very demanding on the macronutrients Nitrogen (N) and Potassium (K) due to their importance in the development of the crop. Thus, the use of different managements in the production of vegetable crops can result in increases in productivity, such as the plant biostimulant that is designed for plants and aims to increase nutritional efficiency. In this context, the objective was to test the effects of N: K fertilization and doses of biostimulants on the agronomic characteristics and production of sweet pepper *C. annuum* in the field. The research was carried out from March to July 2020, at Engenho Triunfo rural area in the municipality of Areia-PB. The study was developed, addressing the aspects explained above, being divided into three articles. In article I, the N:K ratios and application of doses of plant biostimulant in sweet pepper production were studied. In the first experiment, the interaction of N:K and Biostimulant Doses (A×B) had a significant effect for all studied characteristics, number of fruits per plot, average fruit weight, length and diameter, number of immature fruits, production and productivity. For this research it is recommended the 3:1 interaction (75% N 25% K) and the 4.5 mL dose of biostimulant in the production of *C. annuum* and increase the biostimulant doses to find the best dose with the studied interaction, aiming at the production and maximum productivity of the pepper crop under the conditions of this experiment. In article II, the effect of fertilization with N:K and doses of biostimulant on the growth of *C. annuum* was evaluated. the interaction of the N:K ratio and Biostimulant Doses (A×B) had a significant effect for all analyzed variables, namely: Plant height, stem diameter, leaf area index, leaf area, absolute growth rate, assimilation rate liquid, Leaves dry mass, Stem dry mass and Total dry mass. The 1:1 N:K ratio was the most suitable for growth, diameter and height, in the 4.5 mL dose of Stimulate[®]. As for leaf area and leaf area index, doses of 2.8 mL and 2.2 mL of biostimulant in 3:1 and 2:1 ratios are indicated. As for the dry mass of the leaves, the N:K ratio of 2:1 was favorable at the dose of 3.4 mL of Stimulate[®]. For stem dry mass and total dry mass, the N:K ratio of 2:1, and a dose of 4.5 mL of the biostimulant can be indicated for the conditions of this research. In the article III we studied the chlorophyll fluorescence: initial, maximum, variable fluorescence. And the chlorophyll indices: a, b and total chlorophylls. By analysis of variance it was observed that there was no significant effect on the interaction of factors, doses of biostimulant and N:K ratios, as well as no significant effect for both isolated factors on photochemical activity and photosynthetic pigments of pepper at 30 and 60 days after planting (DAP). The use of 1:2 and 2:1 N:K ratios did not require the use of the biostimulant for greater chlorophyll fluorescence and chlorophyll pigment synthesis.

Keywords: growth; productivity; chlorophyll; nitrogen; stimulate[®].

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Umidade relativa do ar e temperaturas no período de condução do experimento. Temperaturas do ar máximas (Temp.máx), médias (Temp.med) e mínimas (Temp.min) em °C; umidade relativa do ar em %	20
Figura 2 – A Número de frutos (A), número de frutos imaturos (B), comprimento de frutos (C) e diâmetro de frutos (D) submetidos a relações N:K e doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia PB, 2020	26
Figura 3 – Peso médio dos frutos (A), produção (B), produtividade (C), submetidos a relações N:K e doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia PB, 2020	28
Figura 4 – Umidade relativa do ar e temperaturas no período de condução do experimento. Temperaturas do ar máximas (Temp.máx), médias (Temp.med) e mínimas (Temp.min) em °C; umidade relativa do ar em %	37
Figura 5 – Área foliar (A), diâmetro do caule (B), índice de área foliar (C), taxa assimilatória líquida (D) submetidos a relações N:K e doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia PB, 2020	43
Figura 6 – Taxa de crescimento absoluto (A), Massa seca do caule (B), massa seca das folhas (C), massa seca total (D) submetidos a relações N:K e doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia PB, 2020	46
Figura 7 – Altura da planta (AP), submetidas a relações N:K e doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia PB, 2020	49
Figura 8 – Umidade relativa do ar e temperaturas no período de condução do experimento. Temperaturas do ar máximas (Temp.máx), médias (Temp.med) e mínimas (Temp.min) em °C; umidade relativa do ar em %	59
Figura 9 – Fluorescência inicial (Fo) 30-60 DAP, (A), (B), (C), (D), (E), em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante	64
Figura 10 – Fluorescência máxima (Fm) 30-60 DAP, (A), (B), (C), (D), (E), em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante	66
Figura 11 – Eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) 30-60 DAP, (A), (B), (C), (D), (E), em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante	68

Figura 12 – Clorofila a (ICF) 30-60 DAP, (A), (B), (C), (D), (E), em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante	69
Figura 13 – Clorofila b (ICF) 30-60 DAP, (A), (B), (C), (D), (E), em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante	71
Figura 14 – Clorofila total (ICF) 30-60 DAP, (A), (B), (C), (D), (E), em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química e granulometria do solo (0-20 e 21-40 cm de profundidade) da área de cultivo de pimentão	21
Tabela 2 – Análise do calcário utilizado no experimento	22
Tabela 3 – Características químicas da água utilizada no experimento	23
Tabela 4 – Análise de variância para número de frutos (NF), número de frutos imaturos (NFI), comprimento dos frutos (CF), diâmetro dos frutos (DF), peso médio dos frutos (PMF), produção (PRO), produtividade (PROD) do pimentão com diferentes relações N:K e doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia-PB, Brasil, 2020	25
Tabela 5 – Composição química e granulometria do solo (0-20 e 21-40 cm de profundidade) da área de cultivo de pimentão	38
Tabela 6 – Análise do calcário utilizado no experimento	39
Tabela 7 – Características químicas da água utilizada no experimento	40
Tabela 8 – Valores médios da análise de variância para adubação com nitrogênio e potássio (N:K) considerando as diferentes doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia – PB, Brasil, 2020	42
Tabela 9 – Médias dos tratamentos para o fator separado adubo (relação N:K), Engenho Triunfo, Areia – PB, Brasil, 2020	48
Tabela 10 – Composição química e granulometria do solo (0-20 e 21-40 cm de profundidade) da área de cultivo de pimentão	60
Tabela 11 – Análise do calcário utilizado no experimento	61
Tabela 12 – Características químicas da água utilizada no experimento	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
REFERÊNCIAS	15
2 ARTIGO I EFEITOS DA RELAÇÃO NITROGÊNIO:POTÁSSIO E DE BIOESTIMULANTE NA PRODUÇÃO DE <i>Capsicum annuum</i> L	16
2.1 INTRODUÇÃO	18
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	20
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
2.4 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30
3 ARTIGO II EFEITO DE NITROGÊNIO:POTÁSSIO E DOSES DE BIOESTIMULANTE NO CRESCIMENTO DE <i>Capsicum annuum</i> L	33
3.1 INTRODUÇÃO	35
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	36
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.4 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50
4 ARTIGO III FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA EM PIMENTÃO SUBMETIDO A RELAÇÕES N:K E DOSES DE BIOESTIMULANTE	56
4.1 INTRODUÇÃO	58
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	59
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.4 CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO GERAL

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), se mantém presente entre as dez culturas de maior relevância no mercado brasileiro de hortaliças, com destaque em áreas de produção no Sudeste do país (OLIVEIRA FILHO et al., 2018). Trata-se de uma planta arbustiva, com origem do continente americano, apresentando sistema radicular pivotante e profundo (ASSUNÇÃO CARVALHO et al., 2016). Assim, devido à grande demanda de mercado consumidor, a procura por métodos agronômicos para o manejo do pimentão durante o cultivo vem sendo pesquisadas, não apenas visando aumento da produtividade, mas em busca também de melhorar a qualidade do produto final (SANTOS, 2014).

Devido as diversas variações bioquímicas e nutricionais que existem entre as variedades de pimentões, os manejos empregados na fertilidade do solo/substrato constituem uma importância particular para os produtores e consumidores, conseguindo selecionar e consumir produtos com máxima qualidade nutricional dos frutos (FRATIANNI et al., 2020). Dessa forma, a utilização de fontes de Nitrogênio (N) e Potássio (K) na cultura do pimentão tem mostrado resposta positiva no seu desenvolvimento. O nitrogênio exerce diversas funções importantes no crescimento do pimentão, sendo um dos principais macronutrientes exigidos pela cultura, resultando em maior teor de N nas folhas e uma forte correlação positiva entre a fotossíntese, induzindo o rápido desenvolvimento da cultura (LORENZONI et al., 2015). Por sua vez, o potássio fortalece as características físicas e químicas dos frutos, devido a potencialização no processo de transpiração e produção de carboidratos, sendo indispensável na formação e amadurecimento dos frutos (PORTO, 2016).

A relação N:K pode ser considerada como uma ferramenta de gestão do crescimento da planta, o que ao mesmo tempo nos viabiliza o maior controle sobre inúmeros processos que ocorrem, por exemplo, sobre o estímulo do crescimento, do florescimento, definição do potencial produtivo de uma cultura ou até mesmo melhoria da eficiência metabólica da planta em geral. A interação poderá ocorrer também no solo e na rizosfera, onde devem ser considerados os processos de antagonismo e sinergismo entre os íons (em função de suas cargas) para a adequada absorção deles (SILVA, 2013).

Dentre outras alternativas de manejo para a cultura do pimentão, atualmente, os bioestimulantes vem promovendo o crescimento e desenvolvimento das plantas ao longo do ciclo da cultura, apresentando melhorias na eficiência do metabolismo dos vegetais e

qualidade das culturas, com capacidades de promover aumento da tolerância e acelerada recuperação quando expostas a estresses bióticos e abióticos (MELO et al., 2020). De maneira geral, os bioestimulantes atuam no crescimento e desenvolvimento de partes ou do todo da planta, induzindo a manutenção de um estágio fenológico ou mudança do estágio, além de induzir a emissão das raízes (PEREIRA et al., 2019).

Diante do exposto esta pesquisa teve como objetivo principal avaliar o efeito da relação N:K e doses de bioestimulante (Stimulate[®]) na produção de *Capsicum annuum* L.

REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO CARVALHO, J.; REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, E. C.; AQUINO, R. F. Pimentão cultivado em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v. 24, n. 3, p. 236-245, 2016.
- FRATIANNI, F.; D'ACIERNO, A.; COZZOLINO, A.; SPIGNO, P.; RICCARDI, R.; RAIMO, F.; NAZZARO, F. Caracterização bioquímica de variedades tradicionais de pimentão (*Capsicum annuum* L.) da região da Campânia, sul da Itália. **Antioxidants**, v. 9, n. 6, p. 556, 2020.
- LORENZONI, M. Z.; SOUZA, Á. H. C. D.; SERON, C. D. C.; REZENDE, R.; HERNANDES, P. E. P.; ANDREAN, A. F. Produção de pimentão fertirrigado sob diferentes níveis de nitrogênio e potássio em ambiente protegido. **IX EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar**, n. 9, p. 4-8, 2015.
- MELO, P. C.; ABREU, C. G.; BAHCEVANDZIEV, K.; ARAUJO, G. S.; PEREIRA, L. **Eficiência agrônômica do “reabilit® algas” como bioestimulante para o pimentão em cultivo protegido**. 2020. Disponível em: <https://ifce.edu.br/aracati/arquivos-diversos/trabalho-reabilit-algas-journal-2020-kb-abril-2020.pdf> . Acesso em: 16 dezembro 2021.
- OLIVEIRA FILHO, P.; JÚNIOR, M. V.; ALMEIDA, C. L.; LIMA, J. S.; NASCIMENTO COSTA, J.; ROCHA, J. P. A. Crescimento de cultivares de pimentão em função da Adubação potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 4, p. 2814-2822, 2018.
- PEREIRA, L.; BAHCEVANDZIEV, K.; JOSHI, N. H. **Seaweeds as Plant Fertilizer, Agricultural Biostimulants and Animal Fodder**. 1st Edition., CRC Press, 25 October, 232p, 2019.
- PORTO, T. B. **Parâmetros de crescimento de plântulas de pimentão na semeadura em diferentes substratos**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. 39p, 2016.
- SANTOS, P. R. **Capacidade de combinação em podas de pimentão**. Recife, 2014. 79p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.
- SILVA, E. M. **Cultivo de roseira em ambiente protegido sob níveis de salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio**. Piracicaba, 2013. 94p. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Brasil, 2013.

ARTIGO I

**2 EFEITO DA RELAÇÃO NITROGÊNIO:POTÁSSIO E BIOESTIMULANTE NA
PRODUÇÃO DE *Capsicum annuum* L.**

Relação nitrogênio:potássio e bioestimulante na produção de *Capsicum annuum* L.

Resumo: O pimentão está entre as dez hortaliças de maior valor econômico no território nacional, cuja utilização de manejos diferenciados na produção de culturas olerícolas resultam em aumentos da produtividade. Dessa maneira, o presente trabalho teve por objetivo testar as relações N:K e aplicação de doses de bioestimulante vegetal na produção de pimentão. O experimento foi realizado em campo durante os meses de março a julho de 2020, no Engenho Triunfo, zona rural do município da cidade de Areia - PB. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, organizados em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 5×5 , a parcela principal foi composta por cinco relações N:K, sendo N:K: 1:1 (50% N e 50% K); 1:2 (33,4 % N e 66,6 % K); 2:1 (66,6% N e 33,4% K); 1:3 (25% N e 75% K) e 3:1 (75% N e 25%K) e cinco concentrações de bioestimulante na subparcela (0; 1,12; 2,25; 3,37 e 4,5 mL L⁻¹), com três blocos, totalizando 75 unidades experimentais. A interação da relação N:K e Doses de Bioestimulante obtiveram efeito significativo para todas as características estudadas, número de frutos por parcela, peso médio dos frutos, comprimento e diâmetro, número de frutos imaturos, produção e produtividade. Recomenda-se a interação 3:1 (75% N 25% K) e a dose 4,5 mL de bioestimulante na produção de *C. annuum* e aumentar as doses de bioestimulante para encontrar a melhor dose com a interação estudada, visando a produção e produtividade máxima da cultura do pimentão nas condições deste experimento.

Palavras-chave: nitrogênio; potássio; pimentão; produtividade; stimulate®.

Nitrogen:potassium ratio and biostimulant in the production of *Capsicum annuum* L.

Abstract: The pepper is among the ten vegetables with the highest economic value in the national territory, whose use of different managements in the production of vegetable crops result in increases in productivity. Thus, this study aimed to test the N:K relationship and application of doses of plant biostimulant in sweet pepper production. The experiment was carried out in the field from March to July 2020, at Engenho Triunfo, a rural area in the city of Areia - PB. The design used was in randomized blocks, organized in subdivided plots, in a 5×5 factorial scheme, the main plot was composed of five N:K ratios, being N:K: 1:1 (50% N and 50% K); 1:2 (33.4%N and 66.6%K); 2:1 (66.6%N and 33.4%K); 1:3 (25% N and 75% K) and 3:1 (75% N and 25%K) and five levels of biostimulant in the subplot (0; 1.12; 2.25; 3.37 and 4.5 ml L⁻¹) with three blocks, totaling 75 experimental units. The interaction of the N:K ratio and Biostimulant Doses (A×B) had a significant effect for all studied characteristics, number of fruits per plot, average fruit weight, length and diameter, number of immature fruits, production and yield. For this research it is recommended the 3:1 interaction (75% N 25% K) and the 4.5 mL dose of biostimulant in the production of *C. annuum* and increase the biostimulant doses to find the best dose with the studied interaction, aiming at the production and maximum productivity of the pepper crop under the conditions of this experiment.

Keywords: nitrogen; potassium; bell pepper; productivity; stimulate®.

2.1 INTRODUÇÃO

Cultivado em todo o território brasileiro, o pimentão *Capsicum annuum* L., está entre as dez hortaliças de maior valor econômico no Brasil, a terceira solanácea mais produzida depois do tomate e da batata. A grande demanda do mercado consumidor, rápido retorno econômico, curto período de tempo entre as colheitas, são os principais fatores que estimulam a produção (MORTATE; WENDELL; LIMA, 2018).

A produção nacional desta cultura correspondeu a 224.286 ton, com maior produção na região Sudeste (124.671 Ton.) seguida da Nordeste com 57.239 ton, Sul 22.303 ton., Centro-Oeste 14.831 ton. e Norte 5.242 ton. O total das vendas corresponderam a 319.363 mil reais. Sendo os principais estados produtores: Minas Gerais, São Paulo, Ceará, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Pernambuco, somando total de 87% da produção nacional, neste cenário o estado da Paraíba produziu 3.115 ton de pimentão (IBGE, 2017; HF BRASIL, 2017).

A utilização de manejos diferenciados na produção de culturas olerícolas podem resultar em aumentos de produtividade. Entre algumas técnicas de produção e manejo, destaca-se a utilização de produtos promotores de crescimento e desenvolvimento vegetal, como os bioestimulantes, (MONTEIRO et al. 2019). Bioestimulante ou estimulante vegetal é a mistura de dois ou mais reguladores vegetais ou outras substâncias, que ao serem usadas em mínimas quantidades proporcionam a divisão e alongamento celular, contribuindo no desenvolvimento vegetal e defesa das plantas (SHARMA et al., 2014; TAIZ et al., 2017). Como exemplo podem ser citados quatro grupos principais de substâncias: os aminoácidos e hidrolisados de proteínas, as substâncias húmicas, os microrganismos e inóculos, e os extratos de algas.

O modo/mecanismos de ação de "bioestimulantes" é igualmente diverso e pode incluir a ativação do metabolismo do nitrogênio ou liberação de fósforo do solo, estimulação genérica da atividade microbiana do solo ou estimulação do crescimento da raiz e melhor estabelecimento da planta. Os bioestimulantes também podem mitigar os efeitos negativos dos fatores de estresse abiótico nas plantas e foram observados efeitos marcantes dos bioestimulantes no controle da seca, calor, salinidade, resfriamento, geada, estresse oxidativo, mecânico e químico. O alívio do estresse abiótico é talvez o benefício mais citado das formulações de bioestimulantes (YAKHIN et al., 2017).

Outro aspecto importante na produção de pimentão é o manejo nutricional adequado, pesquisas desenvolvidas com a cultura revelaram que o potássio e o nitrogênio são os

nutrientes mais exportados pelas plantas, sendo desta forma os elementos que mais afetam o rendimento da cultura (NUNES JÚNIOR et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2015).

A relação N:K é atenuante do equilíbrio entre os processos vegetativos e reprodutivos das plantas, conforme Acosta et al. (2011), o potássio atua em processos que contribuem para a regulação do crescimento quando há maior disponibilidade de nitrogênio.

Conforme Leal (2013) a relação N:K proporciona melhor desenvolvimento para o estágio vegetativo, estágio reprodutivo, e produtividade de frutos. Um dos aspectos relevantes dessa relação é que esta determina o equilíbrio entre os processos vegetativos e produtivos, pois o K atua como um moderador do possível efeito negativo que a alta disponibilidade de N pode causar à planta (ACOSTA et al., 2011). A relação N:K, de forma geral, não se caracteriza como competitiva, pois a absorção de um sempre eleva a necessidade do outro (CANTARELLA, 2007).

Para a cultura do pimentão referente ao nitrogênio exige um manejo especial quanto à sua adubação, por ser um nutriente de fácil lixiviação, pelo fato da cultura absorver quantidades variadas ao longo do seu ciclo e por atuar diretamente no crescimento das plantas e dos frutos (ARAGÃO et al., 2012). Dessa forma, recomendam-se adubações de fundação e cobertura contendo nitrogênio no qual o suprimento ideal de doses de nitrogênio proporciona a cultura crescimento vegetativo, expansão da área fotossintética, ativa e eleva o potencial produtivo da cultura (FILGUEIRA, 2007), enquanto que as aplicações de doses excessivas de nitrogênio provocam nas plantas abortamento de flores (MALAVOLTA, 1980).

Em quantidades adequadas, o potássio desempenha várias funções na planta, tais como: controle da turgidez celular, ativação de enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, regulação dos processos de abertura e fechamento de estômatos, transporte de carboidratos, transpiração, resistência à geada, seca, salinidade e às doenças; aumentar a resistência ao acamamento, além de estar diretamente associado à qualidade dos produtos agrícolas (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995).

Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes razões de N:K e aplicação de bioestimulante na produção de *Capsicum annuum*.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Localização do experimento

O experimento foi realizado durante os meses de março a julho de 2020, no Engenho Triunfo (6° 58' 45.1" S; 35° 41' 56.8" W), zona rural do município da cidade de Areia - PB. O clima da região é caracterizado como quente e úmido de acordo com a classificação de Köppen (CRUZ et al., 2019). A temperatura média anual varia de 22 a 26 °C e umidade relativa entre 75 e 87%. Durante a condução do experimento, a temperatura máxima foi de 25°C, enquanto a mínima 24°C, e a precipitação variou entre 85 a 90mm, os dados atmosféricos foram registrados diariamente pela estação automática localizada no município de Areia (Figura 1).

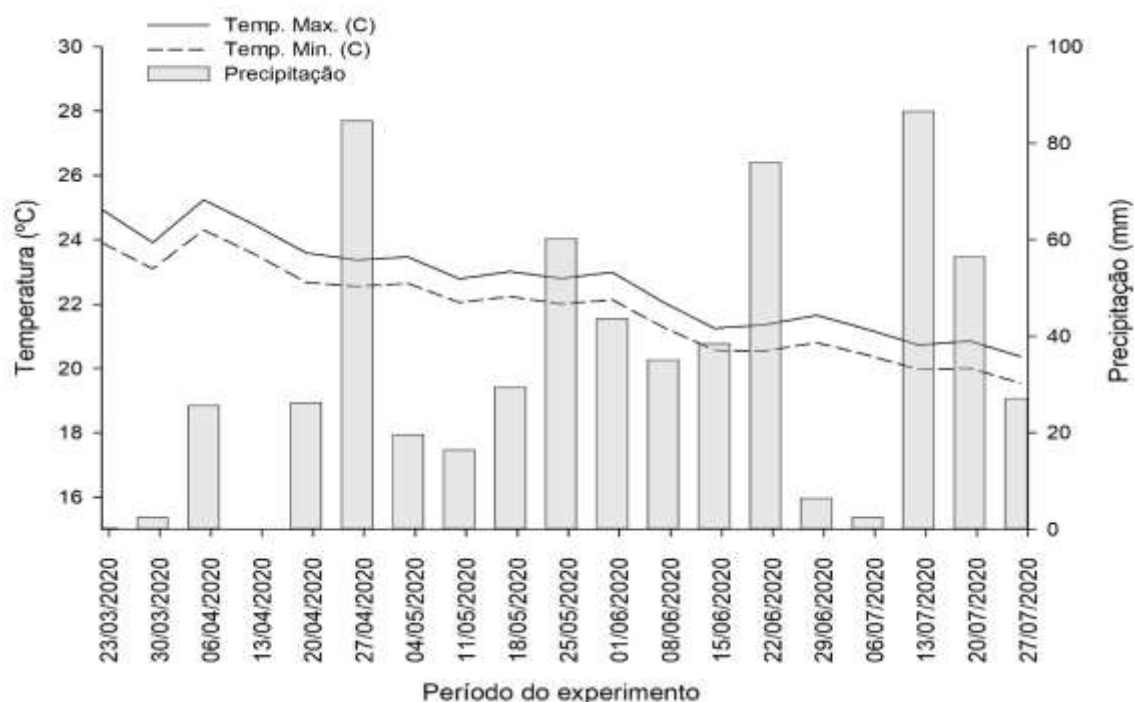


Figura 1. Umidade relativa do ar e temperaturas no período de condução do experimento. Temperaturas do ar máximas (Temp.máx), médias (Temp.med) e mínimas (Temp.min) em °C; umidade relativa do ar em %.

Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, organizados em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 5×5 , com três blocos, totalizando 75 unidades

experimentais. Os tratamentos foram compostos por cinco relações N:K na parcela principal 1:1 (50% N e 50% K); 1:2 (33,4 % N e 66,6 % K); 2:1 (66,6% N e 33,4% K); 1:3 (25% N e 75% K) e 3:1 (75% N e 25%K) e cinco níveis de bioestimulante Stimulate® na subparcela (0; 1,12; 2,25; 3,37 e 4,5 mL L⁻¹). Cada unidade experimental foi constituída por um canteiro medindo 3,30 x 1,00 m, contendo 10 plantas, espaçadas entre si em 40 cm.

O efeito combinado A×B foi decomposto para todos os caracteres e as respectivas regressões foram feitas considerando a relação N:K como dados qualitativos e as doses de bioestimulante como dados quantitativos. As análises estatísticas foram feitas no software R CORE TEAM (VIENA,2018).

Atributos químicos e físicos do solo

As amostras simples foram retiradas aleatoriamente do solo na camada de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade. As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo e no laboratório de Física do solo, da Universidade Federal da Paraíba, para caracterização dos atributos químicos (fertilidade) e físicos, conforme tabela (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química e granulometria do solo (0-20 e 21 -40 cm de profundidade) da área de cultivo de pimentão.

Profundidade	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V	m	M.O.
	H ₂ O	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³						%			g kg ⁻¹	
	(1:2,5)												
0 - 20	4,9	1,1	184,06	0,02	7,82	1,40	0,51	1,37	2,37	10,19	23,0	0,0	84,26
20 - 40	4,6	0,85	100,58	0,01	6,29	2,08	0,20	1,00	1,47	7,75	19	0	55,48
Granulometria (g kg)													
	Areia	Silte	Argila	0,02	7,82	1,40	0,51	1,37	2,37	10,19	23,0	0,0	84,26
	2- 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002	0,01	6,29	2,08	0,20	1,00	1,47	7,75	19	0	55,48
	Umidade												
	mm	mm	Mm	AD	GF	DS	DP	PT	0,01		0,03 MPa	1,5	CT
	g/kg			kg/dm ⁻³		g/cm ⁻³		m³/ m³		g/kg			
0 - 20	462	105	433	52	879	1,35	2,58	0,48	257	234	17 6	Argila Arenosa	
21 - 40	348	133	519	105	798	1,35	2,58	0,48	257	234	17 6	Argila	

pH: Potencial hidrogeniônico; P - Fósforo; K⁺ - Potássio; Na⁺ – Sódio; H⁺+Al⁺³: Acidez potencial; Al⁺³ – Alumínio; Ca⁺² – Cálcio; Mg⁺² – Magnésio; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; V:

Saturação por bases; m: Saturação por alumínio; M.O.: Matéria orgânica; AD: Argila dispersa; GF: Grau de floculação; DS: Densidade do solo; DP: Densidade de partículas; PT: Porosidade total; CT: Classe textural.

Instalação e manejo da cultura

Preparo do solo

Para a limpeza da área foi utilizado um trator New Holland® 4 × 4 com grade pesada. Em seguida foi realizada a correção do pH solo, com aplicação de calcário dolomítico (Tabela 2), de acordo com as recomendações da análise de solo. O cálculo da quantidade de calcário utilizada na área experimental foi baseado no método da elevação da porcentagem de saturação de bases resultando numa quantidade de 4,23 t ha⁻¹ aplicadas a lanço. O calcário foi incorporado ao solo com o auxílio de uma grade leve, agindo no solo por 90 dias antes do plantio. Os canteiros foram dimensionados utilizando uma enxada manual, medindo 3,30 × 1,00 m. As covas de plantio foram abertas com dimensões de 15 × 15 × 15 cm, distanciadas com 1 m entre linhas e 40 cm entre plantas.

Tabela 2. Análise do calcário utilizado no experimento.

Amostra	≥ 2mm	2-1 mm	1 0,25mm	≤0,25mm	ER	PN	PRNT
100g	Peneira 10 ABNT	Peneira 18 ABNT	Peneira 60 ABNT	Fundo	%	% de CaCO ₃	%
01	0,00	0,00	6,40	93,60	97,44	92,02	89,66

Após 30 dias da aplicação do calcário foi realizada a fosfatagem para a elevação da disponibilidade de fósforo para os níveis adequados. De acordo com os cálculos utilizados por Sousa et al. (2016) foram aplicados 25 kg ha⁻¹ de superfosfato simples na área experimental.

Adubação e plantio

Para o plantio foi utilizada mudas de pimentão variedade All Big Isla® Sementes. A adubação foi parcelada em quatro vezes, consistindo em uma adubação de fundação e três adubações de cobertura. A adubação de fundação foi realizada utilizando-se bagaço de cana-de-açúcar, 100% do fósforo na forma de superfosfato simples e 25% de nitrogênio na forma de ureia. O restante de nitrogênio e potássio foi aplicado em cobertura, aos 25, 45 e 60 dias

após o transplante. Todas as adubações foram realizadas conforme os seguintes tratamentos das relações de N:K: 1:1 (50% N e 50% K); 1:2 (33,4 % N e 66,6 % K); 2:1 (66,6% N e 33,4% K); 1:3 (25% N e 75% K) e 3:1 (75% N e 25%K), correspondendo as seguintes quantidades por planta: 1:1= 1,6g de N, e 0,69g de K. 1:2= 1,11g de N, e 0,93g de K. 2:1= 2,22g de N, e 0,46g de K. 1:3= 0,83g de N e 1,04g de K e 3:1= 2,5g de N, e 0,34g de K.

Aplicação do bioestimulante

Foi utilizado o bioestimulante Stimulate[®], que é constituído por 0,005% de ácido indolbutírico (auxina), 0,009% de cinetina (citocinina) e 0,005% de ácido giberélico (giberelina) (STOLLER DO BRASIL, 1998).

A aplicação do bioestimulante Stimulate[®] foi realizada com o auxílio de pulverizador manual de compressão prévia, Thor[®] de 5 L, utilizando-se volume de calda conforme os tratamentos: Dose 1= 0; Dose 2= 1,12 mL de Stimulate[®] para 800 mL de água; Dose 3= 2,25 mL de Stimulate[®] para 1,800 litros de água; Dose 4= 3,37 mL de Stimulate[®] para 2,700 litros de água; e Dose 5= 4,5 mL de Stimulate[®] para 3600 mL de água.

Foram realizadas aplicações a cada 15 dias, do começo ao final do ciclo da cultura, via foliar, totalizando oito aplicações. Em todas as aplicações adicionou-se à calda fixador e adjuvante Brasilphos + Fix[®] linha Bio-Plant, seguindo recomendação do fabricante.

Tratos culturais

A irrigação foi realizada pelo método localizado com fita gotejadora Netafim[®] com emissores espaçados em 20 cm e vazão 1,60 L h⁻¹. O sistema de irrigação foi ligado diariamente, durante os períodos da manhã e tarde durante 1 hora. A classificação química da água usada na irrigação corresponde a C2S1, considerada de boa qualidade para irrigação (Tabela 3).

Tabela 3. Características químicas da água utilizada no experimento.

	pH	C.E.	SO ₄ ⁻²	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS	Classificação
Amostra		dSm ⁻¹ a 25°C	----- mmolc L ⁻¹ -----									
	7,1	0,28	0,08	1,41	0,90	0,14	0,32	0,00	4,00	1,50	0,97	C2S1

O controle de pragas foi realizado através da aplicação do inseticida Lanate[®] BR (1 mL L⁻¹), em pulverizador costal manual Stihl[®] SG 20. Para o controle de fungos, utilizou-se o fungicida Tenaz[®] 250 SC (1 mL L⁻¹), em pulverizador costal manual Stihl[®] SG 20. Tanto o inseticida como o fungicida foram aplicados cinco vezes durante o ciclo da cultura.

As capinas para retirada de ervas daninhas foram realizadas mensalmente com o auxílio de enxada e sacho. A poda foi realizada 30 dias após o plantio, com a retirada de galhos e brotações indesejadas. As plantas foram tutoradas 40 dias após o plantio.

Colheita

A primeira colheita dos frutos de pimentão foi realizada aos 62 dias após o plantio. Os frutos foram colhidos das quatro plantas centrais da parcela que apresentavam o ponto ideal para comercialização. Após colhidos, os frutos foram colocados em sacos de papel kraft e identificados, em seguida, foram realizadas as mensurações das variáveis produtivas: Número de frutos: Foram contabilizados o número de frutos totais em cada parcela; Peso médio de frutos: Os frutos foram pesados individualmente com auxílio de balança analítica; Comprimento e diâmetro dos frutos: Com auxílio do paquímetro digital foram mensurados comprimento e diâmetro longitudinal dos frutos colhidos; Número de frutos imaturos: Os frutos que não estavam aptos para colheita, ou seja, que não atingiram maturação fisiológica foram contabilizados nas plantas; Produção e produtividade: Os frutos colhidos foram pesados em balança analítica e estimado a produção, para estimar a produtividade foi realizada relação entre a produção e a área de cultivo

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação da relação N:K e Doses de Bioestimulante foi significativa para todas as variáveis produtivas estudadas (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância para número de frutos (NF), número de frutos imaturos (NFI), comprimento dos frutos (CF), diâmetro dos frutos (DF), peso médio dos frutos (PMF), produção (PRO), produtividade (PROD) do pimentão com diferentes relações N:K e doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia-PB, Brasil, 2020.

FV	GL	Quadrados Médios						
		NF	NFI	CF	DF	PMF	PRO	PROD
Adubo (A)	4	0,97**	0,65**	1,00*	176,56**	0,15**	0,222**	2040304**
Bioest (B)	4	0,32**	0,52**	1,61**	132,30**	0,194**	0,070**	644440**
A × B	16	0,48**	0,35**	1,81**	102,30**	0,275**	0,117**	1075554**
Erro a	8	0,014	0,056	0,15	2,82	0,015	0,002	25598
Erro b	40	0,037	0,034	0,36	6,26	0,03	0,004	42162
CVa (%)		7,25	11,71	7,92	3,31	2,51	7,56	7,56
CVb (%)		11,71	9,21	12,38	5,07	3,60	9,70	9,70

**, *Significativo a 1% e 5%, respectivamente pelo teste F de Snedecor. Bioestimulante (Bioest), coeficiente de variação (CV).

No número de frutos (Figura 2A) e número de frutos imaturos (Figura 2B), à medida que cresce a dose de bioestimulante com uso da relação N:K 3:1.

O acréscimo tanto de número de frutos, e frutos imaturos se dá respectivamente pelos componentes do bioestimulante, (AIA, giberelina), que contribuem para a translocação de nutrientes nas plantas, desenvolvimento, crescimento dos ramos, divisão, alongamento celular, e frutificação, desta forma estes resultados acima citados, estão ligados a ação destes hormônios. Para a relação 1:2 só houve efeito significativo para o número de frutos (Figura 2A) com o comportamento quadrático, com máximo estimado de 2,24 frutos planta⁻¹ na dose 2,8 mL do bioestimulante.

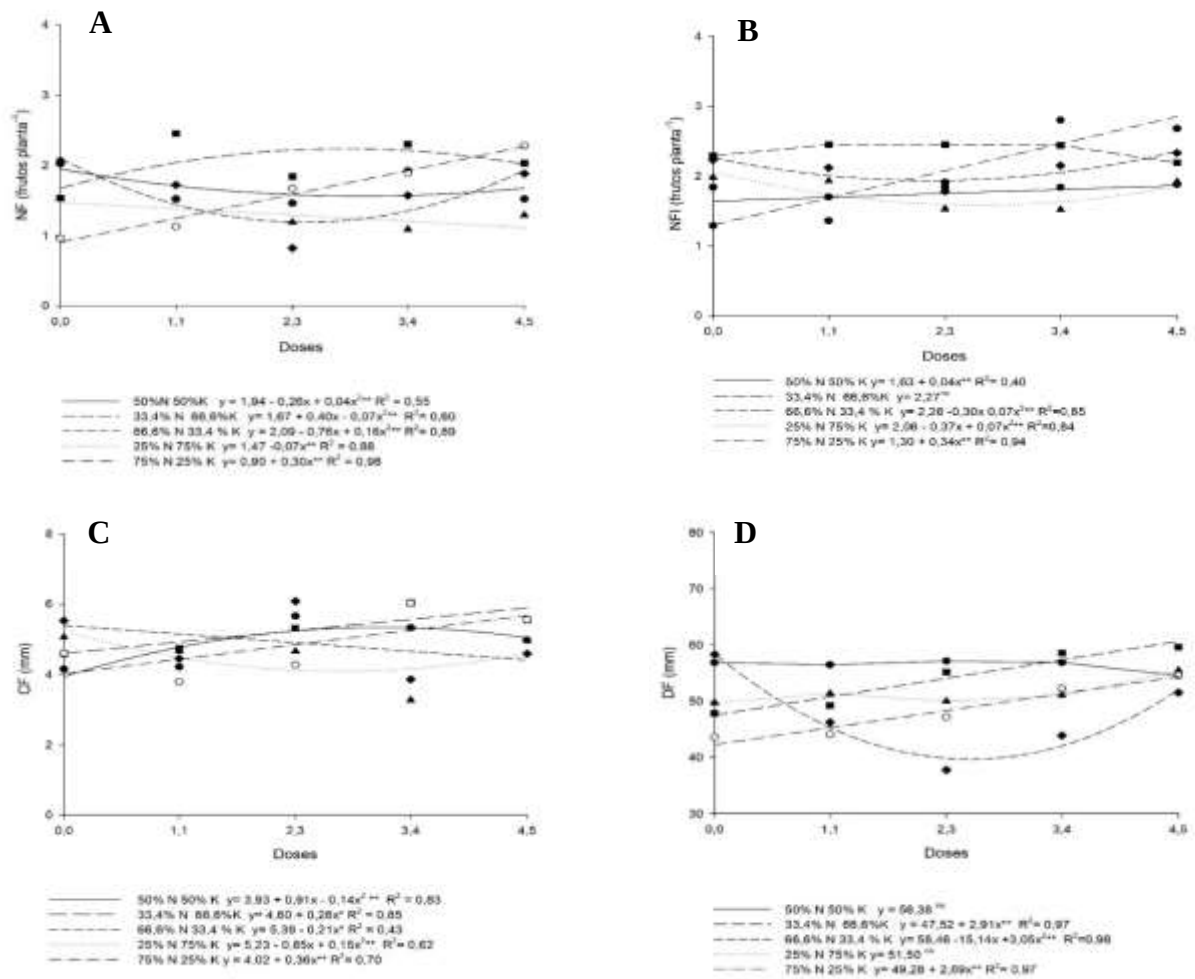


Figura 2. Número de frutos (A), número de frutos imaturos (B), comprimento de frutos (C) e diâmetro de frutos (D) submetidos a relações N:K e doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia PB, 2020.

Referente ao número de frutos, observa-se redução na relação 2:1, isso pode ser explicado devido a fitotoxidez, tendo em vista, que no início da produção o comportamento é favorável, no qual a medida em que aumenta a dose de bioestimulante ao decorrer da produção, ocasiona redução na produtividade.

No comprimento de fruto (Figura 2C) e diâmetro de fruto (Figura 2D), constata-se que tanto a relação 1:2 quanto a relação 3:1, tiveram comportamento semelhante, com acréscimo linear crescente em função do aumento na dose de bioestimulante, no comprimento e diâmetro, respectivamente. Enquanto para a relação 1:1, o comprimento máximo foi 5,4 mm

com dose estimada de 3,2 mL de bioestimulante, obtendo um incremento de 37,4 % quando comparado com a dose 0 de bioestimulante. Pode se observar que a ação dos macronutrientes Nitrogênio (N) e Potássio (K), nestas relações foram importantes para o comprimento e diâmetro dos frutos, uma vez que o nitrogênio é promotor de crescimento (OLINIK, 2016) a elevação de nitrogênio pode ter ocorrido pelo fato de ser o nutriente absorvido em maior quantidade pela cultura do pimentão (MORENO et al., 1996; DIÓGENES, 2016), no qual o mesmo participa dos constituintes dos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos e ácidos nucleicos (TAIZ & ZEIGER, 2006).

O potássio é ativador de enzimas e divisão celular, assim a ação deste nutriente reflete de forma direta nos frutos, como também os hormônios do bioestimulante. O incremento linear do comprimento do fruto na relação 3:1 e quadrático com 1:1, pode ser explicado devido o nitrogênio atuar no crescimento e desenvolvimento vegetal e o potássio contribuir para qualidade dos frutos, além da ação do bioestimulante o qual é formulado com auxinas e giberelinas, atuando na determinação do tamanho dos frutos (giberelina) e estabelecimento dos frutos (auxina), acarretando aumento do tamanho de folhas e frutos e uniformizando o processo de maturação dos frutos (TAIZ et al., 2017) .

Para o peso médio de frutos (Figura 3A) observa-se efeitos significativos para todas as relações com a aplicação das doses de bioestimulante. Para as relações 1:2 e 3:1, pode ser observado comportamentos lineares decrescentes, com reduções respectivamente, ou seja, o PMF diminui à medida que as doses de bioestimulante aumentam. Nas relações 2:1 e 1:3 observa-se comportamento quadrático, onde obtém-se os maiores pesos médio dos frutos com (4,85 e 4,82 g) nas doses 1,25 e 2,25 mL respectivamente. Enquanto a relação 1:1 de forma similar comportou-se quadraticamente com acréscimo de 12,1 % no PMF, quando comparado com a dose 0 mL, alcançando peso máximo de 5,01 g na dose 3,0 mL do bioestimulante.

O peso médio dos frutos nas relações 1:2 e 3:1, diminuem devido ao excesso de nutrientes ofertados, onde a planta não consegue absorver de uma só vez a alta quantidade desses nutrientes e fazer o uso dele de forma imediata, entretanto a planta absorve apenas uma determinada parte. Nas relações 2:1 e 1:3 ocorre comportamento quadrático e ganho de peso dos frutos, esses fatores se dão devido a quantidade de nitrogênio e potássio ideal para que a planta absorva os nutrientes e seja feita a translocação destes, além do que a ação dos hormônios contidos no Stimulate® contribuem para o efeito positivo deste processo. Enquanto a relação 1:1 na dose 3,0 mL de bioestimulante contendo partes iguais de N e K

demonstraram melhores ganhos de peso médio dos frutos, podendo estar relacionado com a quantidade dos nutrientes dispostos para a absorção da planta em complemento a dose de bioestimulante foi favorável para suprir maior peso de frutos.

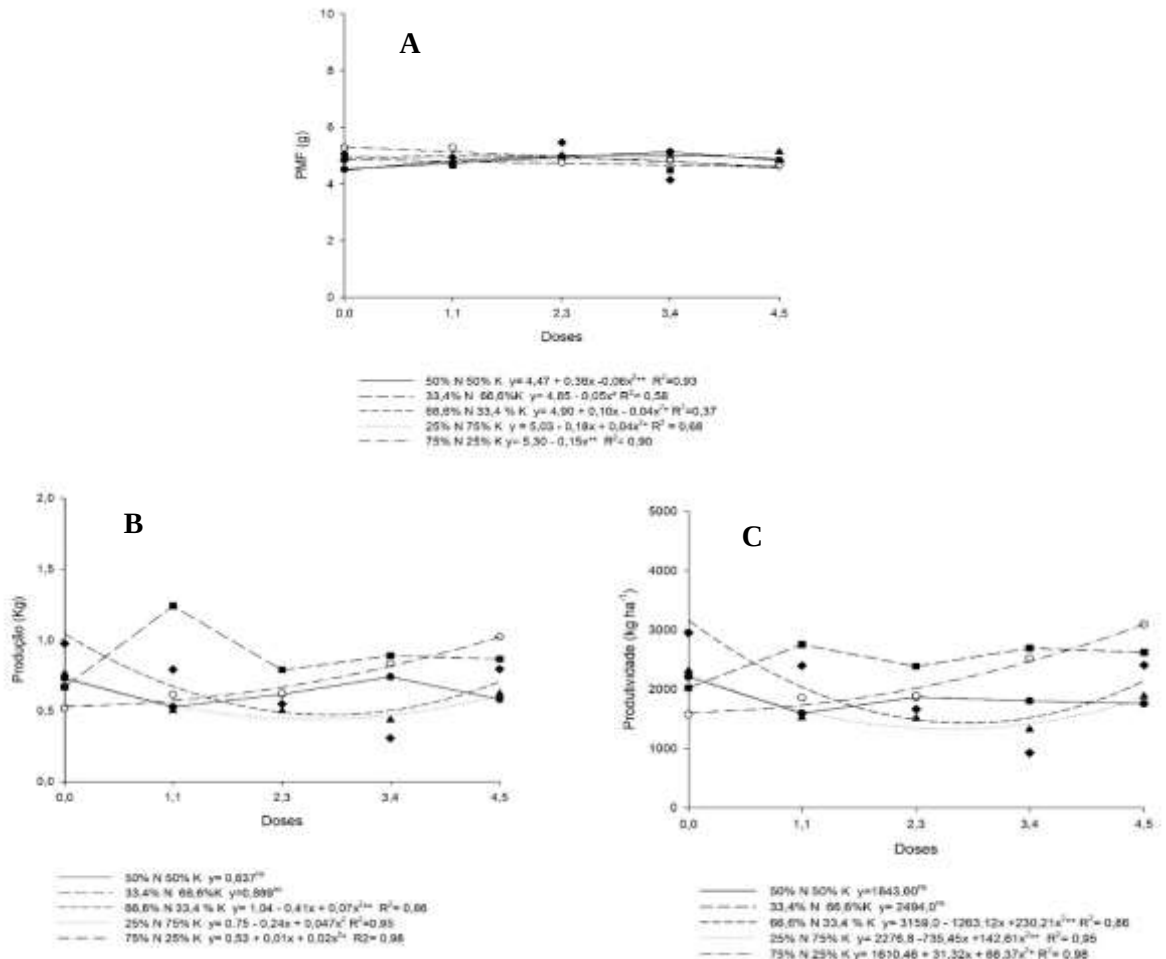


Figura 3. Peso médio dos frutos (A), produção (B), produtividade (C), submetidos a relações N:K e doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia PB, 2020.

Para as variáveis produção (Figura 3B) e produtividade (Figura 3C) observa-se que a melhor relação foi de N:K foi 3:1 com maiores produção (0,98 kg) e produtividade (3095,4 kg ha⁻¹) na dose de 4,5 mL do bioestimulante com incremento de 84,9 % e 92,2 %, respectivamente, quando comparado com a dose 0 mL de bioestimulante.

A produção e produtividade são elevadas de acordo com o aumento das doses de bioestimulante na dose máxima associada à relação 3:1, onde pode-se afirmar que a ação dos

nutrientes e dos hormônios, favorecem de forma positiva ambas as variáveis estudadas (Figura 3A e 3B).

A ação sinérgica entre o nitrogênio e potássio favorece maior absorção de nutrientes, além de ativação de enzimas, e alongamento celular para *C. annuum* em associação a ação do bioestimulante contribuiu para o incremento na indução de botões florais e pegamento de frutos, e distribuição destes nutrientes para as plantas favorecendo o desenvolvimento fisiológico, consequentemente refletindo em maior quantidade de frutos (TAIZ et al., 2017).

Tais fatos, podem ser constatados por Alixandre et al. (2020), que trabalhando com atributos de rendimento do pimentão cv. Casca Dura Ikeda submetidos a adubação mineral N, P, K e adubação orgânica, constataram aumento na produção, número de frutos, massa média de frutos e rendimento final.

De acordo com os resultados obtidos por Zeist et al. (2018), aplicação foliar de Stimulate® na cultura do pimentão, proporcionaram aumento do número de frutos, rendimento e massa média de frutos comerciais de pimentão.

Resultados semelhantes foram obtidos por Lorenzoni et al. (2017), que ao estudar pimentão fertirrigado com a aplicação de doses de nitrogênio e potássio, observaram um aumento significativo quanto ao número de frutos e massa fresca de pimentão, mostrando a interação positiva destes fertilizantes nas respostas das variáveis, influenciadas pela aplicação de doses de nitrogênio e potássio.

Resultados obtidos por Souza Neta (2016) com a aplicação de doses de bioestimulante nas sementes de maxixeiro sob efeito salino, concluiu-se que as aplicações proporcionaram aumento de produção de frutos, independentemente da salinidade. De forma similar, Palangana et al. (2012), utilizando aplicações de Stimulate® em plantas de pimentão enxertado e pé-franco, observaram efeitos positivos na produtividade das plantas com uso do Stimulate®.

2.4 CONCLUSÃO

A relação N:K 3:1 (75% N 25% K) e a dose 4,5 mL de bioestimulante Stimulate® influenciaram positivamente na produção e produtividade de *Capsicum annuum*.

Mais pesquisas necessitam serem realizadas com concentrações superiores de bioestimulante para observar se há maximização da produção da cultura do pimentão nas mesmas condições experimentais.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, P. P. L.; MONTES A. C.; DE LA ROCHA, S. R.; FLORES, N. T.; RODRIGUEZ, S. M. R.; RODRIGUEZ, R. R. Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno em la productividad de tomate em cultivo hidropônico. **TECNOCIENCIA chihuahua**, v. 5, n. 2, p. 98-104, mai-ago., 2011.
- ALIXANDRE, T. F. et al. Bell pepper yield as a function of an alternative source of organic matter. **Comunicata Scientiae**, 11:e3045, 2020.
- ARAGÃO, V. F. et al. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 6:207-216, 2012.
- BRASIL HORTIFRUTI. Anuário de 2017-2018. Edição especial. Ano 16 nº 171 – Setembro/2017 – Janeiro/2018. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/anuario-2017-2018.aspx>>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- CANTARELA, H. Fertilidade do solo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 1017 Viçosa-MG, 2007.
- CRUZ, J. M. F. et al. Physiological maturity and determination of the harvest time of *Vigna unguiculata* L. Walp. **Journal of Experimental Agriculture International**, 34:1-8, 2019.
- DIÓGENES, T.B.A. **Acúmulo de matéria seca e nutrientes e resposta do tomateiro caeté a doses de nitrogênio e fósforo**. 88f. Tese apresentada ao Doutorado em Manejo de Solo e Água do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do SemiÁrido, como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água. Mossoró-RN, 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-. EMBRAPA: Manual de métodos de análise de Solo, 3.ed. p.574, Brasília-DF, 2017.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Ed. UFV: 2007. 421 p.
- IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021. **Dados de produtividade de pimentão**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/tabelas>>. Acesso em: 30 mar. 2021.
- LEAL, F. R. R. **Concentração de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva para a produção d tomateiro**. 35f. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013.
- LORENZONI, M. Z. et al. Massa fresca e número de frutos de pimentão fertirrigados com doses de nitrogênio e potássio. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 2017, Maringá. **Anais...2017**. Encontro Internacional de Produção Científica, 2017. 1:5.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MARSCHNER H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MONTEIRO, C. G. et al. Aplicação de bioestimulante proporciona melhoria no cultivo da beterraba (*Beta vulgaris* L.). **Revista de Ciências Agrárias**, 42:1024-1031, 2019.

MORENO, D. A.; PULGAR, G.; VILLORA, G.; ROMERO, L. Effect of N and K on fruit production and leaf levels of Fe, Zn, Cu and Band their biochemical indicator in capsicum plants. *Phyton*, Horn, v.59, n.1-2, p.1-12, 1996.

MORTATE, R. K.; WENDELL, M.; LIMA, D. P. Response of sweet pepper submitted to different vegetable regulators via foliar. **Ciência & Tecnologia: FATEC-JB**, 10:57-64, 2018.

NUNES JÚNIOR, E. S. et al. Nitrogen and potassium fertigation in bell pepper cultivated in greenhouse using fertigation managements. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 21:186-190, 2017.

OLINK, J. R. **Doses de nitrogênio e estoque de carbono no solo em plantio direto e plantio convencional na produção de hortaliças**. 123f. Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Doutor na Universidade Estadual de Ponta Grossa, Área de Concentração em Agricultura, Ponta Grossa, 2016.

OLIVEIRA, F. A. et al. Nutrição mineral do pimentão submetido a diferentes manejos de fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, 33:216-223, 2015.

OLIVEIRA, T; SOUSA, S.M. Bioestimulante à base de substâncias húmicas e aminoácidos promovem o aumento do crescimento de plântulas de milho, **Revista Saberes**, n.01, p.78-83, 2016.

PALANGANA, F. C. et al. Ação conjunta de citocinina, giberelina e auxina em pimentão enxertado e não enxertado sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, 30:751-755, 2012.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. VIENA, AU: R Foundation for Statistical Computing. 2673p, 2018.

SHARMA, H. S. S. et al. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of Applied Phycology**, 26:465-490, 2014.

SOUSA, G. M. D. et al. Manejo da adubação fosfatada para culturas anuais no Cerrado. **Circular Técnica**, p. 10, 2016.

SOUZA NETA, M. L. **Ação do bioestimulante na cultura do maxixeiro (*Cucumis anguria* L.) sob condições de estresse salino**. 2016. 121 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia: Área

de Concentração em Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró, 2016.

STOLLER DO BRASIL. **Stimulate® Mo em hortaliças**. Cosmópolis, 1998. v. 1 (Informativo técnico).

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

YAKHIN, O. I. et al. Biostimulants in plant science: A global perspective. **Frontiers in Plant Science**, 7:1-32, 2017.

ZANDONADI, D. B. Bioestimulante e produção de hortaliças. fev.2016. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/14218786/bioestimulantes-e-producao-de-hortalicas#:~:text=%C3%A1gua%20ou%20%C3%A1lcool.-,Como%20exemplos%20de%20bioestimulantes%20podem%20ser%20citados%20quatro%20grupos%20principais,comerciais%20dispon%C3%ADveis%20no%20mercado%20brasileiro>>. Acesso em: 02 set.2021.

ZEIST, A. R. et al. Fruit yield and gas exchange in bell peppers after foliar application of boron, calcium, and stimulate. **Horticultura Brasileira**, 36:498-503, 2018.

ARTIGO II

3 EFEITO DE NITROGÊNIO:POTÁSSIO E DOSES DE BIOESTIMULANTE NO CRESCIMENTO DE *Capsicum annuum* L.

Efeito de nitrogênio:potássio e doses de bioestimulante no crescimento de *Capsicum annuum* L.

Resumo: O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família das solanáceas, é uma das hortaliças mais cultivadas no mundo, sendo muito exigente nos macronutrientes Nitrogênio (N) e Potássio (K). Bioestimulante vegetal é qualquer substância ou microrganismo aplicado às plantas com o objetivo de aumentar a eficiência nutricional. Objetivou-se testar o efeito da adubação com N:K e doses de Bioestimulante no crescimento de *C. annuum*. O experimento foi realizado no período de março a julho de 2020, no Engenho Triunfo zona rural do município de Areia - PB. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, organizados em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 5×5, a parcela principal foi composta por 5 relações N:K (1:1, 1:2, 2:1, 1:3; 3:1) e 5 níveis de bioestimulante na subparcela (0; 1,12; 2,25; 3,37 e 4,5 mL L⁻¹), com três blocos, totalizando 75 unidades experimentais. A interação da relação N:K e Doses de Bioestimulante (A×B) obtiveram efeito significativo para todas as variáveis analisadas sendo elas: Altura de planta, Diâmetro do caule, Índice de área foliar, Área foliar, Taxa de crescimento absoluto, Taxa assimilatória líquida, Massa seca das folhas, Massa seca do caule e Massa seca total. A relação N:K de 1:1 foi a mais adequada para crescimento, diâmetro e altura, na dose 4,5 mL de Stimulate®. Quanto a área foliar e índice de área foliar as doses de 2,8 mL e 2,2 mL de bioestimulante nas relações 3:1 e 2:1, são indicadas. Quanto à massa seca das folhas a relação N:K de 2:1 foi favorável, na dose 3,4 mL de Stimulate®. Para massa seca do caule e massa seca total, a relação N:K de 2:1, e dose de 4,5 mL do bioestimulante podem ser indicadas para as condições desta pesquisa.

Palavras-chave: área foliar; nutrientes; pimentão; stimulate®.

Effect of nitrogen: potassium and biostimulant doses on the growth of *Capsicum annuum* L.

Abstract: Pepper (*Capsicum annuum* L.), belonging to the nightshade family, is one of the most cultivated vegetables in the world, being very demanding in the macronutrients Nitrogen (N) and Potassium (K). Plant biostimulant is any substance or microorganism applied to plants with the aim of increasing nutritional efficiency. The objective was to test the effect of N:K fertilization and Biostimulant doses on the growth of *C. annuum*. The experiment was carried out from March to July 2020, in the Engenho Triunfo rural area of the municipality of Areia - PB. The design used was in randomized blocks, organized in subdivided plots, in a 5×5 factorial scheme, the main plot was composed of 5 N:K ratios (1:1, 1:2, 2:1, 1:3; 3: 1) and 5 levels of biostimulant in the subplot (0; 1.12; 2.25; 3.37 and 4.5 mL L⁻¹), with three blocks, totaling 75 experimental units. The interaction of the N:K ratio and Biostimulant Doses (A×B) had a significant effect for all analyzed variables, namely: plant height, stem diameter, leaf area index, leaf area, absolute growth rate, assimilation rate liquid, Leaves dry mass, Stem dry mass and Total dry mass. The 1:1 N:K ratio was the most suitable for growth, diameter and height, in the 4.5 mL dose of Stimulate®. As for leaf area and leaf area index, doses of 2.8 mL and 2.2 mL of biostimulant in 3:1 and 2:1 ratios are indicated. As for the dry mass of the leaves, the N:K ratio of 2:1 was favorable at the dose of 3.4 mL of Stimulate®. For stem dry mass and total dry mass, the N:K ratio of 2:1, and a dose of 4.5 mL of the biostimulant can be indicated for the conditions of this research.

Keywords: leaf area; nutrients; pepper; stimulate®.

3.1 INTRODUÇÃO

Originário do México e América Central, o pimentão (*Capsicum annuum* L.) é pertencente à família das solanáceas (NICK; BORÉM, 2016). A planta possui folhas simples ovaladas ou lanceoladas ao depender da cultivar, caule semilenhoso apresenta crescimento arbustivo podendo atingir até 5 metros ou mais quando conduzida por tutores, com ramificações até o final de seu ciclo. Flores isoladas, de coloração branca, pequenas e hermafroditas (MACHUCA; MORTATE et al., 2018).

Sistema radicular pivotante e profundo, dependendo da profundidade e textura do solo. O maior volume de raízes concentra-se entre 30-60 cm de profundidade (CONDÉS RODRÍGUEZ 2017). A faixa de temperaturas para seu crescimento ótimo é de 18 a 27 °C durante o dia e de 15 a 18 °C durante a noite. A temperatura máxima para o pimentão na fase de germinação é de 35 °C, na fase de crescimento vegetativo é de 40 °C e na fase de floração e frutificação de 35 °C. (FAO, 2018). Apresentando grande diversidade de formas e sabores, os frutos de pimentão são encontrados nas cores verde, amarela, vermelha, lilás e laranja ao depender da cultivar e do estágio de maturação. Muito utilizado na culinária de diversas regiões Brasileiras, os frutos são consumidos verdes ou maduros, no entanto 70% do consumo se dá no estágio verde de maturação (SANTOS et al., 2013; SEDIYAMA, 2014).

Bioestimulante vegetal é qualquer substância ou microrganismo, aplicado às plantas com o objetivo de aumentar a eficiência nutricional, estas substâncias, portanto, são de origem natural ou sintética que podem ser aplicadas nas plantas, sementes e no solo. Essas substâncias causam mudanças nos processos vitais e estruturais influenciando o crescimento da planta por meio de maior tolerância aos estresses abióticos, aumentando o rendimento e a qualidade das culturas independente do seu teor de nutrientes (DU JARDIN, 2015).

Há vários tipos de bioestimulantes existentes no mercado, cada um com determinadas funções e, conforme os reguladores que a compõem, quantidade e devidas proporções entre essas substâncias, podem incrementar o desenvolvimento vegetal, estimulando a fotossíntese, absorção de água e de nutrientes, como já fora observado em outras culturas (VEROTTI et al., 2019).

Sendo um dos elementos mais abundante nas plantas o N atua como constituinte essencial de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucléicos, hormônios e clorofila, entre outras moléculas. Portanto, esse nutriente é absorvido em grandes quantidades, fundamental no desenvolvimento e crescimento de plantas, sendo importante desde o crescimento vegetativo até a reprodução (SILVA et al., 2014).

N é encontrado em compostos orgânicos, como aminoácidos e ácidos nucléicos. Atuando em vários processos fisiológicos vitais para a absorção iônica do ciclo de vida da planta, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular e herança. Quando este nutriente é absorvido pelas raízes, logo é transportado através da corrente transpiratória para as partes da planta através dos vasos do xilema e é facilmente redistribuído via floema como aminoácidos. Assim, na ausência de N, esse nutriente é mobilizado das folhas velhas para os novos órgãos e folhas. Consequentemente, em plantas deficientes, os sintomas aparecem pela primeira vez em folhas velhas (TAIZ et al., 2017).

O elemento Potássio (K) apresenta relevância fundamental para o crescimento e metabolismo das plantas, pois é ativador de diversas reações enzimáticas (BORIN et al., 2017). As principais funções do potássio em caráter fisiológico estão ligadas a ativação de sistemas enzimáticos relacionados ao processo de respiração e fotossíntese (TAIZ et al., 2017). A adubação potássica é, portanto fundamental, não apenas para que haja incremento de produtividade, mas também no manejo da sanidade em diversas culturas (GABRIEL et al., 2016).

Neste sentido, objetivou-se testar o efeito de Nitrogênio: Potássio e doses de Bioestimulante no crescimento de *Capsicum annuum* L.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Localização do experimento

O experimento foi realizado durante os meses de março a julho de 2020, no Engenho Triunfo (6° 58' 45.1" S; 35° 41' 56.8" W), zona rural do município da cidade de Areia - PB. O clima da região é caracterizado como quente e úmido de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média anual varia de 22 a 26 °C e umidade relativa entre 75 e 87% (CRUZ et al., 2019). Durante a condução do experimento, os dados atmosféricos foram registrados diariamente pela estação automática localizada no município de Areia (Figura 4).

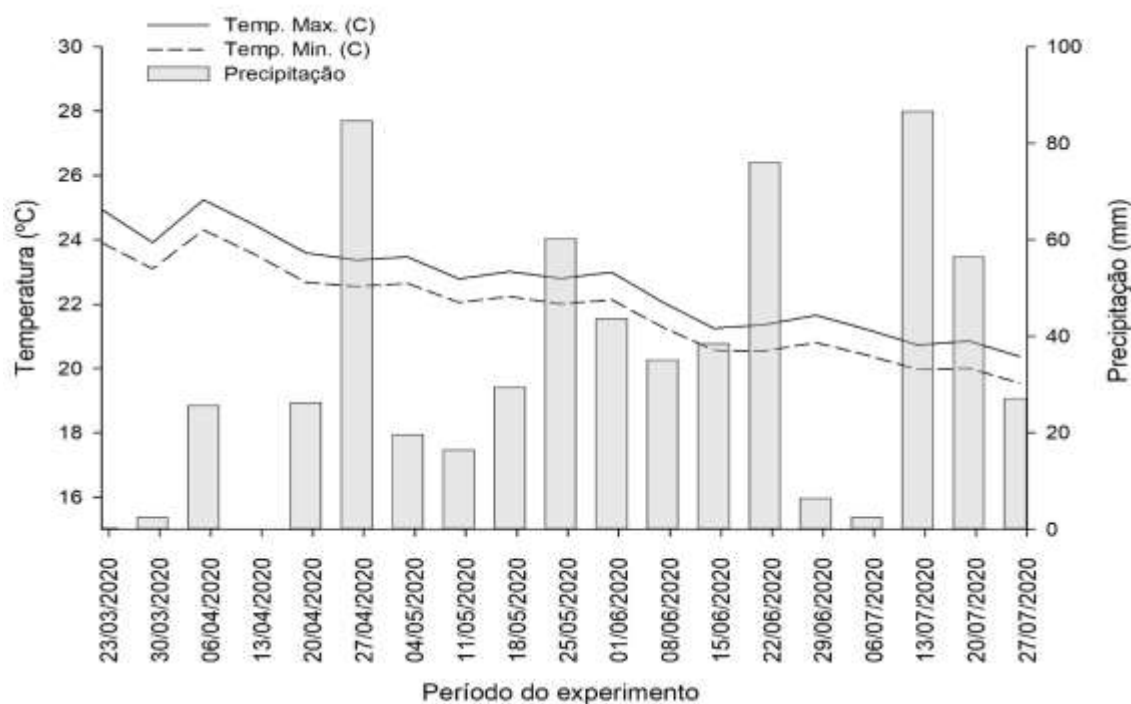


Figura 4. Umidade relativa do ar e temperaturas no período de condução do experimento. Temperaturas do ar máximas (Temp.máx), médias (Temp.med) e mínimas (Temp.min) em °C; umidade relativa do ar em %.

Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, organizados em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 5×5 , com três blocos, totalizando 75 unidades experimentais. Os tratamentos foram compostos por 5 relações N:K na parcela principal (1:1, 1:2, 2:1, 1:3; 3:1) e 5 níveis de bioestimulante Stimulate® na subparcela (0; 1,12; 2,25; 3,37 e 4,5 mL L⁻¹). A área experimental correspondente a 400 m². Cada unidade experimental foi constituída por um canteiro medindo 3,30 × 1,00 m, contendo 10 plantas, espaçadas entre si em 40 cm.

Atributos químicos e físicos do solo

As amostras simples foram retiradas aleatoriamente do solo na camada de 0-20 cm e de 21-40 cm de profundidade. As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo e no laboratório de Física do solo, da Universidade Federal da Paraíba, para caracterização dos atributos químicos (fertilidade) e físicos, conforme (Tabela 5).

Tabela 5. Composição química e granulometria do solo (0-20 e 21-40 cm de profundidade) da área de cultivo de pimentão.

Profundidade	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V	m	M.O.
	H ₂ O (1:2,5)	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³								%	g kg ⁻¹	
0 - 20	4,9	1,1	184,06	0,02	7,82	1,40	0,51	1,37	2,37	10,19	23,0	0,0	84,26
21 - 40	4,6	0,85	100,58	0,01	6,29	2,08	0,20	1,00	1,47	7,75	19	0	55,48
Granulometria (g kg)													
	Areia	Silte	Argila	0,02	7,82	1,40	0,51	1,37	2,37	10,19	23,0	0,0	84,26
	2- 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002	0,01	6,29	2,08	0,20	1,00	1,47	7,75	19	0	55,48
Umidade													
	mm	mm	mm	AD	GF	DS	DP	PT	0,01 0,03 1,5			CT	
									MPa				
	g/kg			kg/dm ⁻³		g/cm ⁻³		m ³ / m ³		g/kg			
0 - 20	462	105	433	52	879	1,35	2,58	0,48	257	234	17 6	Argila Arenosa	
21 - 40	348	133	519	105	798	1,35	2,58	0,48	257	234	17 6	Argila	

pH: Potencial hidrogeniônico; P - Fósforo; K⁺ - Potássio; Na⁺ – Sódio; H⁺+Al⁺³: *Acidez potencial*; Al⁺³ – Alumínio; Ca⁺² – Cálcio; Mg⁺² – Magnésio; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação por bases; m: Saturação por alumínio; M.O.: Matéria orgânica; AD: Argila dispersa; GF: Grau de floculação; DS: Densidade do solo; DP: Densidade de partículas; PT: Porosidade total; CT: Classe textural.

Instalação e manejo da cultura

Preparo do solo

Para a limpeza da área foi utilizado um trator New Holland® 4 × 4 com grade pesada. Em seguida foi realizada a correção do pH solo, com aplicação de calcário dolomítico (Tabela 6), de acordo com as recomendações da análise de solo. O cálculo da quantidade de calcário utilizada na área experimental foi baseado no método da elevação da porcentagem de saturação de bases resultando numa quantidade de 4,23 t ha⁻¹ aplicadas a lanço. O calcário foi incorporado ao solo com o auxílio de uma grade leve, agindo no solo por 90 dias antes do plantio. Os canteiros foram dimensionados utilizando uma enxada manual, medindo 3,30 × 1,00 m. As covas de plantio foram abertas com dimensões de 15 × 15 × 15 cm, distanciadas com 1m entre linhas e 40 cm entre plantas.

Tabela 6. Análise do calcário utilizado no experimento.

Amostra	$\geq 2\text{mm}$	2-1 mm	1 0,25mm	$\leq 0,25\text{mm}$	ER	PN	PRNT
100g	Peneira 10 ABNT	Peneira 18 ABNT	Peneira 60 ABNT	Fundo	%	% de CaCO_3	%
01	0,00	0,00	6,40	93,60	97,44	92,02	89,66

Após 30 dias da aplicação do calcário foi realizada a fosfatagem para a elevação da disponibilidade de fósforo para os níveis adequados. De acordo com os cálculos utilizados por Sousa et al. (2016), foram aplicados 25 kg ha^{-1} de superfosfato simples na área experimental.

Adubação e plantio

Para o plantio foi utilizada mudas de pimentão variedade All Big Isla[®] Sementes. A adubação foi parcelada em quatro vezes, consistindo em uma adubação de fundação e três adubações de cobertura. A adubação de fundação foi realizada utilizando-se bagaço de cana-de-açúcar, 100% do fósforo na forma de superfosfato simples e 25% de nitrogênio na forma de ureia. O restante de nitrogênio e potássio foi aplicado em cobertura, aos 25, 45 e 60 dias após o transplantio (DAP). Todas as adubações foram realizadas conforme os seguintes tratamentos das relações de N:K: 1:1 (50% N e 50% K); 1:2 (33,4 % N e 66,6 % K); 2:1 (66,6% N e 33,4% K); 1:3 (25% N e 75% K) e 3:1 (75% N e 25%K), correspondendo as seguintes quantidades por planta: 1:1= 1,6g de N, e 0,69g de K. 1:2= 1,11g de N, e 0,93g de K. 2:1= 2,22g de N, e 0,46g de K. 1:3= 0,83g de N e 1,04g de K e 3:1= 2,5g de N, e 0,34g de K.

Aplicação do Bioestimulante

A aplicação do bioestimulante Stimulate[®] foi realizada com o auxílio de pulverizador manual de compressão prévia, Thor[®] de 5 litros, utilizando-se volume de calda conforme os tratamentos: Dose 1= 0; Dose 2= 1,12 mL de Stimulate[®] para 800 mL de água; Dose 3= 2,25 mL de Stimulate[®] para 1,800 litros de água; Dose 4= 3,37 mL de Stimulate[®] para 2,700 litros de água; e Dose 5= 4,5 mL de Stimulate[®] para 3,600 mL de água.

As aplicações foram realizadas a cada 15 dias, do começo ao final do ciclo da cultura, via foliar, totalizando oito aplicações. Em todas as aplicações adicionou-se à calda fixador e adjuvante Brasilphos + Fix[®] linha Bio-Plant, seguindo recomendação do fabricante.

Tratos culturais

A irrigação foi realizada pelo método localizado com fita gotejadora Netafim[®] com emissores espaçados em 20 cm e vazão 1,60 L h⁻¹. O sistema de irrigação foi ligado diariamente, durante os períodos da manhã e tarde durante 1 hora. A classificação química da água usada na irrigação, corresponde a C2S1, considerada de boa qualidade para irrigação (Tabela 7).

Tabela 7. Características químicas da água utilizada no experimento.

Amostra	pH	C.E.	SO ₄ ⁻²	Mg ⁺⁺	Na ⁺	k ⁺	Ca ⁺⁺	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS	Classificação
		dSm ⁻¹ a 25°C	----- mmolc L ⁻¹ -----									
	7,1	0,28	0,08	1,41	0,90 0,14		0,32	0,00	4,00	1,50	0,97	C2S1

O controle de pragas foi realizado através da aplicação do inseticida Lanate[®] BR, com concentração de 20 mL do produto, para 20 L de água, em pulverizador costal manual Stihl[®] SG 20. Para o controle de fungos, utilizou-se o fungicida Tenaz[®] 2500 SC, com a concentração de 20 mL do princípio ativo, para 20 litros de água em pulverizador costal manual Stihl[®] SG 20. Tanto o inseticida como o fungicida foram aplicados cinco vezes durante o ciclo da cultura.

As capinas foram realizadas mensalmente com o auxílio de enxada e sacho, fazendo a retirada de ervas daninhas, respectivamente. A poda foi realizada 30 dias após o plantio, consistindo na retirada de galhos e brotações indesejadas nas plantas de pimentão. O tutoramento das plantas foi realizado aos 40 dias, após o plantio, com o auxílio de uma haste de madeira e fitilho de nylon, onde as plantas foram fixadas na haste com o intuito de evitar possíveis tombamentos provocados por ventos, chuva, peso de frutos, etc.

Caracteres avaliados

Altura de planta

Escolheram-se cinco plantas centrais de cada parcela para mensuração, utilizando-se uma

trena métrica, a medição ocorreu com a trena rente ao solo até o último ramo apical da planta.

Diâmetro de caule

Foram escolhidas cinco plantas centrais de cada parcela, empregou-se um paquímetro digital fixado no caule da planta, acima do solo.

Índice de área foliar (IAF)

Calculou-se a relação da área foliar total da planta (m^2), por unidade de terreno (m^2) disponível para a planta:

$$IAF = AF/S$$

Em que: AF = área foliar total S = superfície do solo

Taxa de crescimento absoluto (TCA)

A TCA ($g \text{ dia}^{-1}$) avalia a produtividade primária líquida. É o somatório das taxas de crescimento dos diversos componentes das plantas (REIS; MULLER, 1979; PEREIRA; MACHADO, 1987).

$$TCA = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$$

Em que: W = massa seca total t = tempo em dias 1 e 2 = duas amostragens sucessivas

Taxa de crescimento relativo (TCR)

A TCR ($g \text{ g}^{-1} \text{ t}^{-1}$) expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de massa inicial, em um intervalo de tempo (Reis & Muller, 1979). Para valores médios, usa-se:

$$TCR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$$

Em que: Ln = logarítmo neperiano

Taxa assimilatória líquida (TAL)

A TAL ($g \text{ dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) representa a taxa de incremento da massa de matéria seca por unidade de área foliar existente na planta, assumindo que tanto AF como W, aumentam exponencialmente (BRIGGS et al., 1920). Para valores médios, usa-se:

$$TAL = [(W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)] \times [(\ln AF_2 - \ln AF_1) / (AF_2 - AF_1)]$$

Massa seca das folhas, massa seca do caule e massa seca total

As folhas foram coletadas de forma manual, os caules foram coletados com o uso de tesoura de poda, ambos identificados por blocos e parcelas, em seguida acondicionados separadamente em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada sob temperatura de 65 °C

até massa constante (72 horas), após esse período as amostras foram retiradas e devidamente pesadas em balança analítica, obtendo o peso da massa seca total, onde os resultados foram expressos em miligramas (mg) por amostras de folhas e caules.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento de plantas de pimentão com o uso das relações N:K associada ao bioestimulante foi influenciado significativamente ($p > 0,01$), com exceção da altura de plantas que foi significativa apenas para os fatores isolados, relações de N:K e doses do bioestimulante. Diversos trabalhos têm demonstrado que doses de nitrogênio e potássio, e bioestimulante vegetal têm interferido positivamente no crescimento de hortaliças (OLIVEIRA et al., 2013; OLIVEIRA FILHO et al., 2018; SANTOS et al., 2018; MORTATE et al., 2018) (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios da análise de variância para adubação com nitrogênio e potássio (N:K) considerando as diferentes doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia – PB, Brasil, 2020.

FV	GL	Quadrados Médios								
		AP	AF	DC	IAF	TAL	TCA	MSC	MSF	MST
Adubo (A)	4	233,41**	445,74**	18,14**	0,003*	5,28*	1,31*	238,67**	173,60**	578,19**
Bioest (B)	4	58,80*	159,99**	6,28**	0,0007 ^{NS}	40,13**	1,51**	118,94**	310,50**	685,32**
A x B	16	28,39 ^{NS}	291,65**	8,81**	0,002**	12,86**	0,75**	13,77**	141,38**	403,71**
Erro a	8	18,95	13,71	0,84	0,0006	1,26	0,22	5,77	22,00	19,29
Erro b	40	15,39	8,72	1,09	0,0003	1,57	0,09	5,06	8,16	20,17
CVa (%)		10,23	4,98	5,32	13,17	14,84	24,29	8,89	16,68	8,18
CVb (%)		9,22	3,97	6,06	9,23	16,56	15,47	8,33	10,16	8,37

^{NS}, *, **, Não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F de Snedecor. Bioestimulante (Bioest), Coeficiente de variação (CV), Altura da planta (AP), Área foliar (AF), Diâmetro do caule (DC), Índice de área foliar (IAF), Taxa assimilatória líquida (TAL), Taxa de crescimento absoluto (TCA), Massa seca do caule (MSC), Massa seca das folhas (MSF), e Massa seca total (MST).

A área foliar nas relações N:K (1:2; 2:1; 1:3 e 3:1) aumentou com incremento do bioestimulante até respectivas doses de 2,4; 2,8; 2,4 e 1,9 mL L⁻¹, correspondente as máximas áreas foliares de 74,29; 90,01; 84,98; 72,19 cm², concentrações superiores do bioestimulante declinaram a área foliar (Figura 5A). Em contrapartida, a relação 1:1 decresceu 24,34% os valores de área foliar até 2,8 mL L⁻¹, com sucessivo acréscimo de 12,31% até a dose de 4,5 mL L⁻¹ de bioestimulante, apresentando área foliar de 74,61 cm².

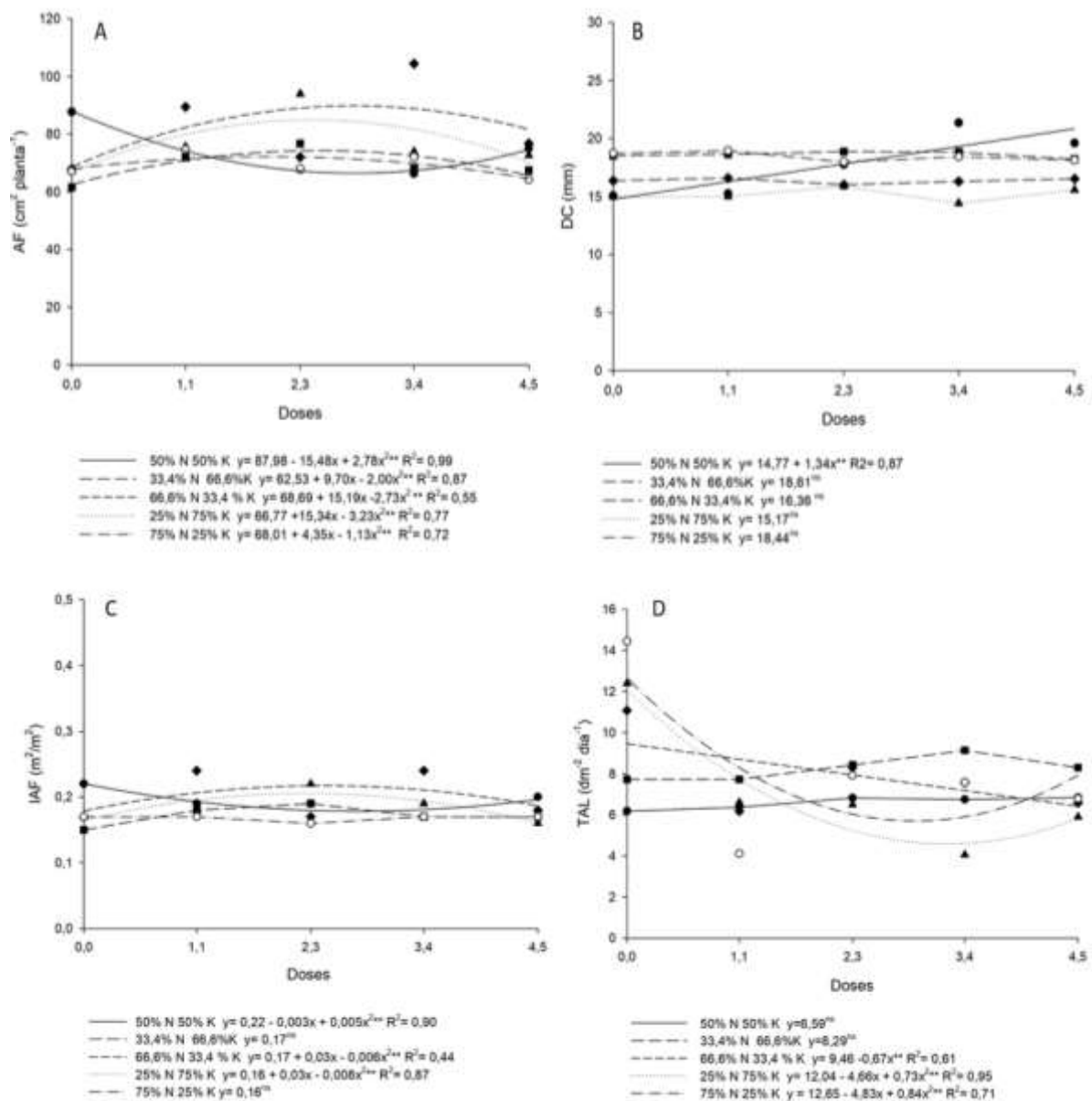


Figura 5. Área foliar (A), diâmetro do caule (B), índice de área foliar (C), taxa assimilatória líquida (D) submetidos a relações N:K e doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia PB, 2020.

Logo, o uso da relação 2:1 de N:K com dose de 2,8 mL L⁻¹ de bioestimulante obteve maior área foliar em relação às demais relações, tal fato é devido o bioestimulante estimular o crescimento em pimentão (ASHOUR et al., 2021) e atuar na complementação da eficiência nutricional de fertilizantes minerais (BULGARI et al., 2015), no caso específico do estudo, N e K. Além disso, O K atua na regulação do crescimento quando a disponibilidade de N é elevada, promovendo melhor equilíbrio nutricional (CARDOSO et al., 2017). Entretanto, altas concentrações de N e K e doses do

bioestimulante apresentaram decréscimo na expansão foliar, por provavelmente promover estresse nutricional pelo excesso de nutrientes.

Visto que, o bioestimulante Stimulate® apresenta em sua composição combinação de hormônios vegetais que são responsáveis pela expansão e alongamento celular, além de aumentar a eficiência dos insumos aplicados, os quais proporcionam um incremento no crescimento e, consequentemente, maior produtividade na cultura do pimentão (PALANGANA et al., 2012). Souza et al. (2014) avaliando mudas de pimenta tratadas com Stimulate® constataram efeitos positivos no crescimento das plantas. Mortate et al. (2018) estudando a resposta de mudas de pimentão submetidas a diferentes reguladores vegetais via foliar, citocinina, giberelina e auxina nas mesmas concentrações da composição de Stimulate®, concluíram que a aplicação destes, resultou no aumento da área foliar.

Em relação ao diâmetro caulinar (Figura 5B) a relação 1:1 teve comportamento linear crescente em função das doses de bioestimulante, crescendo de 14,77 para 20,8 mm ao comparar a menor (0 mL L^{-1}) e maior ($4,5 \text{ mL L}^{-1}$) concentração do bioestimulante. As demais relações de N:K não se ajustaram significativamente aos modelos matemáticos estudados.

A utilização de 50% de ambos os nutrientes com uso do bioestimulante pode ter proporcionado maior diâmetro caulinar, porque o nitrogênio não desempenha suas funções de forma isolada, um nutriente depende do outro, para promover o crescimento das plantas (NASCIMENTO et al., 2020). Pedrosa et al. (2011) observaram que a proporção com equilíbrio do nitrogênio e potássio, relação 1:1, foi a mais indicada no cultivo de pepino durante o crescimento e a produção.

O bioestimulante Stimulate® é um produto composto por 0,005% de ácido indolbutírico, 0,009% de citocinina e 0,005% de ácido giberélico, esses hormônios em conjunto atuam estimulando a divisão celular, a diferenciação e o alongamento das células (GONÇALVES et al., 2017), propiciando assim a expansão caulinar. Silva et al. (2014) observaram que a aplicação de Stimulate® promoveu maiores diâmetros do caule de melancia.

O índice de área foliar (Figura 5C), na relação 2:1, aumentou de $0,17 \text{ m}^2/\text{m}^2$ na menor dose do bioestimulante para $0,2 \text{ m}^2/\text{m}^2$ com $2,5 \text{ mL L}^{-1}$ do bioestimulante, reduzindo nas sucessivas concentrações. Da mesma forma, houve acréscimo entre menor concentração até $1,9 \text{ mL L}^{-1}$, na relação 3:1, aumentando de 0,16 para $0,18 \text{ m}^2/\text{m}^2$, quantidades sucessivas do bioestimulante declinaram o índice da área foliar. Com aplicação da relação 1:1 houve pequena redução no índice

da área foliar das plantas com acréscimo posterior nas maiores concentrações do bioestimulante. Demais proporções de N:K não se ajustaram aos modelos lineares e quadráticos.

Portanto, a quantidade de nitrogênio influenciou nessa variável, pois o aumento das proporções de N em relação ao K promoveu maiores índices, associado a doses entre 2,0 e 2,5 mL L⁻¹ do bioestimulante. O nitrogênio é responsável por estimular a formação e o desenvolvimento da parte vegetativa, sendo constituinte de aminoácidos, proteínas, nucleotídeos e enzimas que participam da absorção iônica, como também fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (UEDA et al., 2017), ao tempo que o potássio propicia a regulação enzimática e osmótica das plantas (WANG; WU, 2017), portanto um nutriente complementa o outro, devido um ser constituinte de estruturas e o outro ativar o metabolismo desses constituintes. Altas concentrações de N em relação ao K são benéficas no aumento do número de folhas e área foliar (NASCIMENTO et al., 2020).

As plantas de pimentão tratadas com as relações 1:1 e 2:1 de N:K não apresentaram taxa de assimilação líquida significativa em função da adição na concentração do bioestimulante (Figura 5D). Entretanto, às proporções 1:3 e 3:1 declinaram a taxa de assimilação líquida com acréscimo da concentração de bioestimulante até 3 mL L⁻¹, com valores mínimos respectivos de 4,63 e 5,70 dm⁻² dia⁻¹, enquanto que concentrações maiores de bioestimulante cresceram para 5,85 e 5,7 dm⁻² dia⁻¹ a taxa de assimilação líquida. Plantas que foram aplicadas a proporção 2:1 reduziram de 9,46 para 6,44 dm⁻² dia⁻¹ ao comparar a menor e maior dose do bioestimulante.

Com o aumento do índice foliar, propiciado nas maiores concentrações de N em relação ao K (2:1 e 3:1) até 2,5 mL L⁻¹ de Stimulate®, houve maior sombreamento entre folhas de pimentão, consequentemente, diminuição na taxa de assimilação líquida, visto que, ocorre menor radiação solar nas folhas, provavelmente a baixa luminosidade propiciou folhas mais finas, acarretando na redução da taxa de assimilação líquida (OLIVEIRA et al., 2011). Em consequência, maiores taxas com maiores doses do bioestimulante.

A taxa de crescimento absoluto reduziu com uso do bioestimulante nas proporções 2:1; 1:3 e 3:1 de N:K até às concentrações estimadas de 2,1; 3,4 e 2,9 mL L⁻¹, respectivamente, correspondentes às taxas de crescimento 1,45; 1,28 e 1,07 g dia⁻¹, dosagens excessivas a essas concentrações de bioestimulante incrementaram a taxa de crescimento absoluto (Figura 6A). As proporções 1:1 e 1:2 não tiveram influência significativa com associação ao bioestimulante nessa variável.

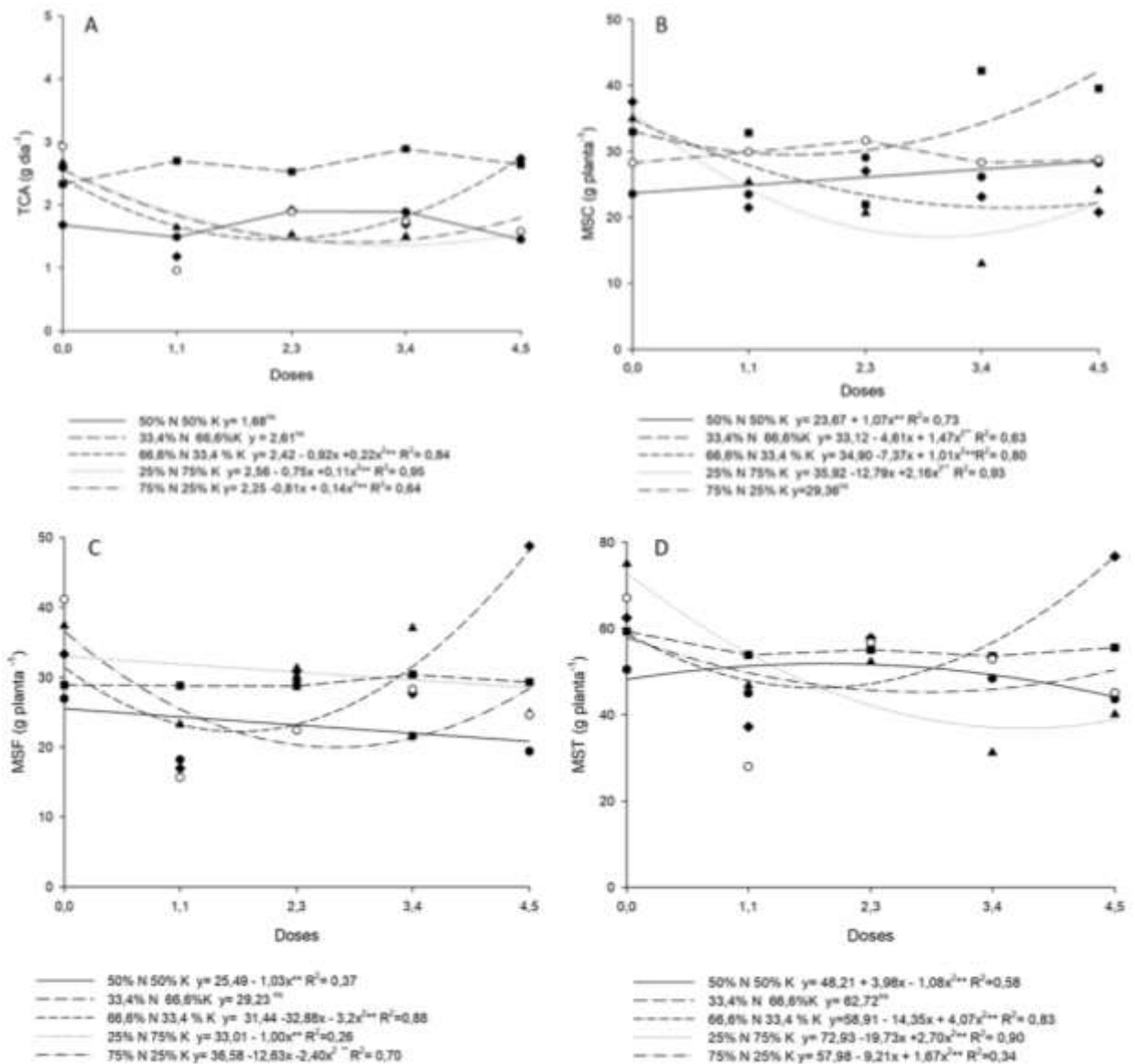


Figura 6. Taxa de crescimento absoluto (A), Massa seca do caule (B), massa seca das folhas (C), massa seca total (D) submetidos a relações N:K e doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia PB, 2020.

Essa variável é baseada na biomassa seca em função do tempo, possivelmente a utilização das relações N:K 2:1; 1:3 e 3:1 influenciaram o ganho de massa seca, de forma rápida, associado com uso de pequenas quantidades do Stimulate®, visto que o bioestimulante apresenta auxina, que estimula o crescimento em células meristemáticas, como ápices e folhas jovens (SAUR et al.,

2017). Com o aumento da massa seca pela planta, há maior necessidade de fotoassimilados para a manutenção dos órgãos já formados (folhas, hastes, flores e frutos). Assim, a quantidade de fotoassimilados disponível para o crescimento tende a ser menor (SILVA et al., 2010), explicando essa pequena redução nas menores concentrações e acréscimo nas maiores concentrações do bioestimulante.

O acúmulo de massa seca caulinar (Figura 6B) com uso da relação 1:1 elevou a medida que houve acréscimo nas concentrações de bioestimulante, partindo de 23,67 para 28,48 g entre a menor e maior concentração do bioestimulante. Contudo, maiores proporções de nitrogênio e potássio, relações estas 1:2; 2:1 e 1:3, promoveram diminuição de 10,92, 38,53 e 52,7% até 1,16, 2,8 e 3 mL L⁻¹ do bioestimulante, respectivamente, e sucessivo aumento respectivo de 42,14, 3,21 e 30,07% na massa seca caulinar com maior dose de bioestimulante.

Ali et al. (2019) observaram melhores acúmulos de massa seca com proporção igual de potássio-nitrogênio em algodoeiro. Ainda de acordo com esses autores, na relação 1:1, a aplicação de potássio em proporções iguais ao nitrogênio melhorou a assimilação do nitrogênio e a atividade das enzimas metabolizadoras de nitrogênio, dentre elas, a nitrato redutase, nitrito redutase, glutamina sintetase, glutamato sintase.

Nas relações 1:1 e 1:3, a massa seca foliar declinou de 25,49 e 33,01g para 20,85 g e 28,51, respectivamente, no intervalo da maior e menor concentração do bioestimulante (Figura 6C). Às relações 2:1 e 3:1. Enquanto que, a relação 1:2 não foi interferida significativamente com a adição do uso do bioestimulante. De acordo com Souza Neta et al. (2018) o acúmulo de biomassa (acrécimos e decréscimos) em resposta ao bioestimulante Stimulate[®] varia de acordo com a parte da planta.

Isso pode ser explicado devido o Stimulate[®] ser composto por três hormônios vegetais, onde um pode inibir ou estimular um ao outro dependente da concentração. Sá et al. (2020) ao estudarem combinações dos fitormônios (giberelina, auxina e citocinina) descobriram que a aplicação de citocinina causou redução linear no acúmulo de matéria seca, enquanto as concentrações de auxina e giberelina impulsionaram aumento com sucessiva redução, logo dependente da quantidade do bioestimulante e o meio que às plantas foram acondicionadas pode haver distintos comportamentos.

No acúmulo de massa seca total (Figura 6D), com uso da relação 1:1 houve comportamento quadrático com aumento de 48,21 para 51,87 g até 1,9 mL L⁻¹ do bioestimulante, concentrações excessivas do bioestimulante declinaram o acúmulo de massa seca total, talvez altas quantidades hormonais ocasionam desequilíbrio hormonal, nos níveis de fotoassimilados e partição, nutrição

mineral, quantidade de proteínas, açúcares e ácidos nucléicos, interferindo assim, no metabolismo das plantas (SAUR al., 2017). Comportamento similar foi observado por Souza Neta et al. (2018) que constataram incremento na massa seca total até certas concentrações de Stimulate® e sucessivo decréscimo nessa variável em plantas de maxixeiro.

As demais proporções de N:K, exceto a 1:2 que não se ajustou de forma significativa aos modelos linear e quadrático, declinaram 21,47 (2:1); 49,41 (1:3) e 21,90% (3:1) até as concentrações do bioestimulante 1,8; 3,7 e 2,8 mL L⁻¹, respectivamente, com sucessivo incremento. Yang et al. (2015) ao estudarem a relação N:K em lichia, observaram que a relação 1:1 foi a melhor para acúmulo de fotoassimilados em lichia. Enquanto que aplicações excessivas desses nutrientes podem causar lixiviação, reduzir a eficiência do uso, aumentar o potencial osmótico, reduzir a absorção de água, comprometer o crescimento vegetativo e o acúmulo de biomassa (Fernandes et al., 2020).

Analisando isoladamente, a altura da planta AP (Tabela 9) nas diferentes proporções de N:K, observa-se que a relação 1:1 (50% N 50% K) apresenta maior média, contudo esses valores não diferem estatisticamente das relações 33,4% N 66,6% K (1:2) e 25% N 75% K (1:3). A deficiência de nitrogênio limita o crescimento vegetal, entretanto neste trabalho pode-se observar que as menores quantidades de nitrogênio associadas com maiores de K não diferiram no crescimento em altura da proporção 1:1 de N:K, provavelmente o K supriu a deficiência do N nessas relações. A relação N:K influencia o equilíbrio entre as fases vegetativa e reprodutiva, pois o potássio atua em processos que ajudam a regular o crescimento das plantas (Cardoso et al., 2017).

Tabela 9. Médias dos tratamentos para o fator separado adubo (relação N:K), Engenho Triunfo, Areia – PB, Brasil, 2020.

Tratamento	Relação	Médias*
50% N 50% K	1:1	46,66 a
33,4% N 66,6% K	1:2	44,55 ab
25% N 75% K	1:3	44,40 ab
66,6% N 33,4% K	2:1	40,25 bc
75% N 25% K	3:1	36,84 c

*Letras iguais não diferem entre si, na horizontal, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação ao bioestimulante de forma isolada, ocorreu o aumento do crescimento em altura das plantas, crescendo de 40,42 cm para 44,34 cm de altura entre a menor e maior concentração do bioestimulante (Figura 7). Isso se deve provavelmente derivado da ação dos hormônios vegetais contidos no Stimulate[®], onde a combinação de giberelina, citocinina e auxina promovem equilíbrio que estimula o crescimento vegetal, no caso específico da altura, principalmente a auxina, a qual é responsável pelo alongamento e divisão celular nos meristemas apicais (Kesici et al., 2013). De forma similar, Saur et al. (2017) no estudo com diferentes concentrações de auxina (50 a 200 $\mu\text{g mL}^{-1}$), observaram maior altura em plantas de pimentão (42,2 cm) com 200 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de ácido indolacético, sendo portanto um estimulador no crescimento em altura.

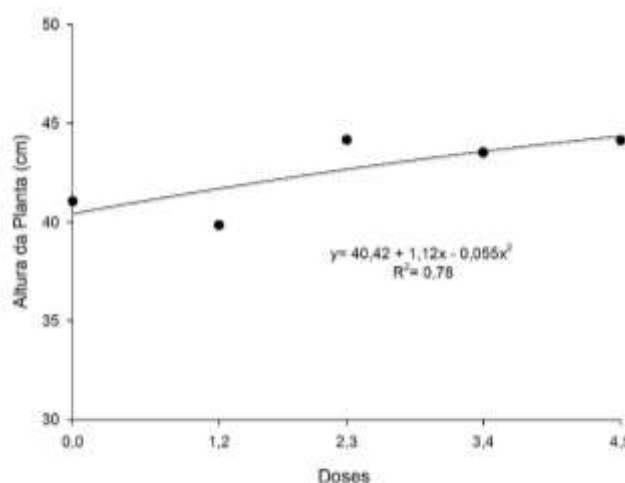


Figura 7. Altura da planta (AP) de *Capsicum annum*, submetidas a relações N:K e doses de bioestimulante, Engenho Triunfo, Areia PB, 2020.

4 CONCLUSÃO

A relação N:K de 1:1 foi a mais adequada para crescimento, diâmetro e altura de *Capsicum annum* na dose de bioestimulante 4,5 mL.

A maior área foliar e índice de área foliar de *C. annum* ocorreram nas doses de 2,8 mL e 2,2 mL de bioestimulante nas relações 3:1 e 2:1, respectivamente.

Quanto à massa seca das folhas a relação N:K de 2:1 foi favorável, na dose 3,4 de bioestimulante.

Para as variáveis massa seca do caule e massa seca total de *C. annum*, a relação N:K de 2:1, e dose de 4,5 mL do bioestimulante podem ser indicadas para as condições desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, E. G. **Influência do silício na nutrição nitrogenada da berinjela**. 2014. 73f. Dissertação. 73p. UFCG. Pombal, PB, 2014.
- ALMEIDA, R. L. S. Influência do nitrogênio sobre as taxas de crescimento do cacaueiro. **In: XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola-CONBEA**, Florianópolis-SC, 2016.
- ANDRIOLO, J. L.; ROSS, T. D.; WITTER, M. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do tomateiro cultivado em substrato com três concentrações de nitrogênio na solução nutritiva. **Ciência Rural**, v. 34, p. 48-56, 2004.
- ANJOS, D. N.; MENDES, H.T.A.; VASCONCELOS, R.C.; MOREIRA, P. M. CANGUSSU, A. C.; PIRES, E. S. Índice de área foliar, spad e massa de matéria seca do feijoeiro comum em função dos bioestimulantes, NPK e micronutrientes em Vitória da Conquista - BA. **Agrarian**, Dourados, v. 10, n. 35, p. 1-9, 2017.
- BARBOZA, E. **Adubação nitrogenada para consórcio de alface e rúcula**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Ciência do solo)- Faculdade de ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2014.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, p.41, 2003.
- BHUVANESWARI, G, Sivaranjani R, Reeth S, Ramakrishnan K. Application of nitrogen and potassium efficiency on the growth and yield of chilli *Capsicum annuum* L. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, 2:329- 337, 2013.
- BORIN, A. L. D. C.; BARCELLOS, A. C., SOFIATTI,V., CARVALHO, M. C. MORAES, M. C. G. Produtividade do algodoeiro adensado em segunda safra em resposta à adubação nitrogenada e potássica. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.6, p. 622-630, nov/dez, 2017.
- BRIGGS, G. E.; KIDD, F., & WEST, C. A quantitative analysis of plant growth: part ii. **Annals of Applied Biology**, 7(2-3), 202–223, 1920.
- CONCEIÇÃO M.K.; LOPES, N. F.; FORTES, G. R. L. Análise de crescimento de plantas de batata-doce (*Ipomea batatas* (L.) LAM) cultivares Abóbora e da Costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n.3: 273-278, 2005.
- CONDÉS RODRÍGUEZ L. F. Pimiento, In: cultivos hortícolas al aire libre (Maroto B. JV & Baixauli S.C. Eds, **Serie Agricultura España**, 2017. V.13, 471-507, 2017.
- COSTA, L. C. **Produtividade do Tomateiro de indústria e qualidade dos frutos em função de nitrogênio e potássio**. 81f. Tese. Jaboticabal, 2018.
- COSTA, L. C. **Produtividade do tomateiro de indústria e qualidade dos frutos em função de nitrogênio e potássio**.81f.Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo), Jaboticabal, 2018.

CRESPO, R. M GOYAL, M. R.; BAEZ, C. C; RIVERA, L. E. Nutrient uptake and growth characteristics of nitrogen fertigated sweet peppers under drip irrigation and plastic mulch. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Porto Rico, v.72, n.4, p.575-585,1988.

CRUZ, J.M.F.; ALVES, E.U.; FARIAS, O R.; ARAÚJO,P.C.; OLIVEIRA, A.P. Physiological Maturity and Determination of the Harvest Time of *Vigna unguiculata* L. Walp. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.34, n.2, p.1-8, 2019.

DANTAS, A. C. V. L.; QUEIROZ, J. M. O.; VIEIRA, E. L.; ALMEIDA, V. O. Effect of gibberellic acid and the biostimulant Stimulate[®] on the initial growth of tamarindo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, 2012.

DARTORA, J.; GUIMARÃES,V. F.; ECHER,M.M.; PAULETTI, D. R.; MARINI, D. R. P. D. Análise de crescimento e produtividade do pak choi cultivado sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.4, p. 498-504, jul/ago, 2013.

DOURADO NETO, D. D.; DARIO, G. J. A.; BARBIERI, A. P. P.; MARTIN, T. N. Ação de bioestimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 371-379, 2014.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Sci. Hort.** 196, 3–14,2015.

EPAGRI. Orientações técnicas para a produção pimentão em Santa Catarina, Florianópolis, 2002. 42 p. (Epagri. Sistemas de Produção, 40).

FAO (2018). **Land & Water: Pepper**. <http://www.fao.org/land-water/databases-andsoftware/crop-information/pepper/en/> Acesso: maio 2021.

FERREIRA, G.; COSTA, P. N.; FERRARI,T. B.; RODRIGUES, J. D.; BRAGA, J. F.; JESUS, F. A. Emergência e desenvolvimento de plântulas de maracujazeiro azedo oriundas de sementes tratadas com bioestimulante. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 595-599, 2007.

FERREIRA, R. M. A; FILGUEIRA, F. A. R. Fertilizantes e espaçamentos entre plantas na produtividade da couve-da-malásia. **Revista Horticultura Brasileira**, n. 20, p.635-640, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. edi, Viçosa: Editora UFV, p.421, 2012.

FLORES, R. A.; ALMEIDA, B. F de.; POLITI, L. S.; PRADO, R. M.; BARBOSA, J. C. Crescimento e desordem nutricional em pimenteira malagueta cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.1, p.104-110, 2012.

FONTES, P. C. R. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Viçosa: UFV, 2001, 122 p.

GABRIEL, S. G; BUENO, A. C; SANTOS, R. F. Resposta da Soja (*Glycine max*) a duas diferentes fontes de potássio. **Revista Uningá Review**, 25, n.1,p.5-9,2019.

GARCIA, K.V; TOSTA, M. S; CUNHA, C. S. M.; NASCIMENTO, C. D.V. Adubação nitrogenada no crescimento inicial de mudas de jaqueira Cillas Pollicarto. **enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014.

GONSALVES, M.V. I.; PAVANI, L. C; CECÍLIO-FILHO, A. B.; FELTRIM, A. L. Índice de área foliar e produtividade da melancia com frutos sem sementes em função do espaçamento entre plantas e de N e K aplicados por fertirrigação. **Revista Científica**,v.39, n.1/2, p.25-33, 2011.

GUIMARÃES M.A.; SILVA, D. J. H.; PETERNELLI, L. A; FONTES, P. C. R. Distribuição de fotoassimilados em tomateiro com e sem a retirada do primeiro cacho. **Bioscience Journal**, 25, n.5: 83-92, 2009.

GUIMARÃES, N. R.; SOUZA, R. F.; SILVA, A. G.; BITTAR, D.Y. Adubação nitrogenada na produção de rúcula. **Revista Ipê Agronomic Journal**, v.3, n.2, p.44-55, 2019.

HOCHMUTH, G. J.; SHULER, K. D.; MITCHELL, R. L.; GILREAATH, P. R. Nitrogen crop nutrient requirement demonstrations for mulched pepper in florida. **Soil and Crop Science Society of Florida Annual Proceeding**, Gainesville,v.100, p.205-209,1987.

HUETT, D. O.; DETTMANN, E. B. Nitrogen response surface models of zucchini squash, head lettuce and potato. **Plant and Soil**, v. 134, n. 2, p. 243-254, 1991.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**, 2 ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, p.431 ,2013.

MACHUCA, L. M. R. **Impactos fisiológicos e bioquímicos causados pela deficiência hídrica em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 100 f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu-SP, 2018.

MAIA, J. T. L. S.; MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M.; SOUZA, D. B; TEIXEIRA, L. A.; COSTA, C. A. Parâmetros da análise de crescimento em plantas de tomateiro cereja sob diferentes doses de K. **Revista Horticultura Brasileira** 30: S3705-S3711, 2012.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica, **Ceres**, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO. O. J. O potássio e a planta. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N. R. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPF/IIP, 1982. p.95-162.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos,, 319p,1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press,, 874p, 1995.

MONTEIRO, B. C. B. A.; CHARLO, H. C. O.; BRAZ, L. T. Desempenho de híbridos de couve flor de verão em Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 115-119, 2010.

MORTATE, R. K.; ARAÚJO, M. M.; LIMA, M. W. P.; BINOTTI, F. F. S. Resposta de mudas de pimentão submetidas a diferentes reguladores vegetais via foliar. **Revista Ciência & Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 57-64, 2018.

MUNIZ, R.V. S. **Tomate cereja em função de doses de potássio cultivado em luvisso e vertissolo, São Domingos-PB**. 49f. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, para obtenção do título de Mestre. Pombal-PB, 2020.

NICK, C.; BORÉM, A. Pimentão do Plantio à colheita, Edição. 22, Ed.UFV- Viçosa, MG, 2016.
NURO, A. **Absorção de nutrientes pela cultura do Lulo ((*Solanum quitoense* Lam. variedade *septentrionale*)).** 52f. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Para Obtenção do título de Magister Scientiae, Viçosa-MG, 2012.

OLIVEIRA FILHO, P.; VALNIR JÚNIOR, M.; ALMEIDA, C. L. de.; LIMA, J. S.; COSTA, J. N. de.; ROCHA, J. P. A. da. Crescimento de cultivares de pimentão em função da adubação potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Edição Especial, V WINOTEC, Fortaleza, p. 2814 – 2822, 2018.

PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E. G.; BACARIN, M. A.; ANTUNES, I. F.; KOCH, F.; MONTEIRO, M. A.; PIMENTEL, J. R.; TROYJACK, C.; VILLELA, F. A.; AUMONDE, T. Z.; Crescimento de plantas e vigor de sementes de feijão em resposta à aplicação exógena de ácido giberélico. **Revista Ciências Agrárias**, Lisboa, v.41, n.3, p. 757-770, 2018.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. Análise quantitativa do crescimento de vegetais. Campinas: Instituto Agrônomo, (**Boletim técnico**, 114), p.33, 1987.

PORTO, J. S.; AMORIM, Y. F.; REBOUÇAS, T. N. H.; LEMOS, O. L.; LUZ, J. M. Q.; COSTA, R. Q. Índice SPAD e crescimento do tomateiro em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Revista Scientia Plena**, v.10, n.11, 2014.

PURQUERIO, L.F.V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*eruca sativa* Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**, 138f. 2005. Tese, Faculdade de ciências agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita”, Botucatu, 2005.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas mensuração do crescimento**. Belém: CPATU, p.37, 1979.

RUAN, J.; WU, X.; HARDTER, R. Effects of potassium and magnesium nutrition on the quality components of diffents types of tea. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, p.47-52, 1999.

RUAN, J.; WU, X.; YE, Y.; HARDTER, R. Effect of potassium, magnesium and sulphur applied in different form of fertilizers on free amino acid content in leaves of tea (*Camellia sinensis* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, p.389- 396, 1998.

SANTOS, C. A. C.; PEIXOTO, C. P.; VIEIRA, E. L.; SILVA, M. R.; BULHÕES, I. S.; CARVALHO, E.V.; SOUZA, M. S. Desempenho do girassol submetido a um bioestimulante vegetal em duas épocas de semeadura e dois arranjos espaciais. **Revista Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 29, N.2, p.36-46, 2017.

SANTOS, P.R.; MOURA, F. M.; ALVES, A. O.; ROCHA, F.A.T.; RODRIGUES, J. D.; FILHO, F. P. L.; MENEZES, D. Avaliação de híbridos simples e triplos de pimentão em ambiente protegido. XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

SEDIYAMA, M. A. N.; MARLEI, R. S.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. O.; JACOB, L. L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 588-594, 2014.

SHRIVASTAVA, A. K. Effect of fertilizer levels and spacing on flowering, fruit set and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* var. *grosso* L.) cv. Hybrid Bharat. **Advances in Plant Science**, n.9, p. 171–175. 1996.

SILVA JÚNIOR, M. J.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. H. T. DUTRA, I. Acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes pelo meloeiro “Pele de Sapo”. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p. 364 368, 2006.

SILVA R. S.; FOGAÇA J. J. N. L.; MOREIRA, E. S.; PRADO, T. R; VASCONCELOS, R. C. Morfologia e produção de feijão comum em função da aplicação de bioestimulante. **Revista Scientia Plena**, v.12, n.10, 2016.

SILVA, J. M. **índices nitrogenados, biomassa e produção de pimentão em slab associados a doses de nitrogênio via gotejamento**. 61f. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae. Viçosa, MG, 2019.

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**, Piracicaba, v.56, n.4, p.1199-1207, 1999.

SILVA, M. J. R.; BOLFARINI, A. C. B.; RODRIGUES, L. F. O. S.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Formação de mudas de melancia em função de diferentes concentrações e formas de aplicação de mistura de reguladores vegetais. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 10, n. 10, p. 1-9, 2014.

SILVA, P. I. B.; NEGREIROS, G. H.; MOURA, K. K. C. F.; FREITAS, F. C. L.; NUNES, G. H. S.; SILVA, P. S. L.; GRANJEIRO, L. C. Crescimento de pimentão em diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n.2, p.132-139, 2010.

SILVA, T.V. **Influência da idade da muda do tomateiro e da utilização de Paclobutrazol e bioestimulantes**. 76f. Dissertação, Goiânia-GO, 2017.

SILVA, V. L. OLIVEIRA, A. C; SILVA, W.V; COSTA, S. F; JARDIM, C. C. S. Eficiência da adubação nitrogenada cajuzinho-do-cerrado *Anacardium othonianum* RIZZINI. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.26, n.1, p.95-102, 2017.

SOARES, A. M. **Crescimento e rendimento da berinjela sob fontes e doses de nitrogênio**. 57f. Tese submetida como requisito para obtenção do grau de Doutor em Agronomia, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Areia-PB, 2016.

SOUSA, R. L. **Doses de Ca e K na produção de pimentão fertirrigado em ambiente protegido**. 71f. Dissertação à Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do Título de Mestre em Agronomia - Irrigação e Drenagem. Botucatu, 2017.

SOUZA, J. M. A.; GONÇALVES, B. H. L.; SANTOS, A. M. F.; FERRAZ, R. A.; LEONEL, S. Efeito de bioestimulante no desenvolvimento inicial de plântulas do porta-enxerto cítrico tangerina ‘Cleópatra’. **Revista Scientia Plena**, Aracaju, v.9, n.8, p.1-8, 2013.

SPADONI, B.S. **Alocação de fotoassimilados em tomateiro marcados com isótopos estáveis**. 84f. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Horticultura), Botucatu, 2018.

TAIZ L.; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ARTMED, 2004.

TECCHIO, M. A.; LEONEL, S.; REIS, L. L.; SIMONETTI, L. M.; SILVA, M. J. R. Stimulate® no desenvolvimento de mudas de Kunquat ‘Nagami’. **Revista Irriga**, Botucatu, ed. esp. p. 97-106, 2015.

VEROTTI, T. P.; OLIVEIRA, C.G.; PARREIRA, N.S.; GONÇALVES, F. C. M. CORRÊA, C.V.; FERREIRA, G.; CAMPOS, F. G.; BOARO, C.S.F. Vegetal regulators increase the quality of atemoya fruits and recover the photosynthetic metabolism of stressed plants, **Revista Acta Physiologiae Plantarum**, 41:165, 2019.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento de trigo. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p.975-982, 2010.

WIRA, A.B.; JAMIL, Z. A.; ARMIZATUL, S.A. H. Effect of varying nitrogen levels on plant sap characteristics and growth performance of tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *baccarat*). **Journal of Tropical Agriculture and Food Science**, 41:183-19, 2013.

XU, G.; WOLF, S.; KAFKAFI, U. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.7, 2002.

ARTIGO III

4 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA EM PIMENTÃO SUBMETIDO A RELAÇÕES N:K E DOSES DE BIOESTIMULANTE

Fluorescência da clorofila em pimentão submetido a relações N:K e doses de bioestimulante

Resumo: O pimentão é um vegetal de grande importância econômica no Brasil. Esta olerícola é muito cultivada e consumida em todo o país, a área de plantio está estimada em 19 mil hectares e produção acima 420 mil toneladas. A análise do teor de clorofila nas folhas é, portanto um método comumente adotado na agricultura, com a função de monitorar o desenvolvimento vegetal, fornecendo informações importantes sobre o estado fisiológico, teores de nitrogênio nas folhas e o potencial fotossintético das plantas. Nessa pesquisa avaliou-se o a fluorescência da clorofila *a*, *b* e total em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante. O experimento foi realizado no período de março a julho de 2020, no Engenho Triunfo zona rural do município de Areia - PB. As variáveis analisadas foram as fluorescências de clorofila: fluorescência inicial, máxima, variável. E os índices de clorofila: clorofilas *a*, *b* e total. Pela análise de variância foi observado que não houve efeito significativo na interação dos fatores, doses de bioestimulante e proporções de N:K, como também não houve efeito significativo para ambos os fatores isolados na atividade fotoquímica e pigmentos fotossintéticos do pimentão aos 30 e 60 dias após o plantio (DAP). Nesse sentido foi realizado intervalos de confiança (bandas) para demonstrar o efeito médio de cada proporção de N:K em função do acréscimo na concentração do bioestimulante para as variáveis estudadas. O uso das proporções de N:K 1:2 e 2:1 não necessitaram do uso do bioestimulante para maior fluorescência da clorofila e síntese de pigmentos fotossintéticos.

Palavras-chave: clorofila *a*; fluorescência; bioestimulante; *Capsicum annum* L.

Chlorophyll fluorescence in sweet pepper subjected to N:K ratios and biostimulant doses

Abstract: Pepper is a vegetable of great economic importance in Brazil. This vegetable is widely cultivated and consumed throughout the country, the planting area is estimated at 19 thousand hectares and production exceeds 420 thousand tons. The analysis of chlorophyll content in leaves is therefore a method commonly adopted in agriculture, with the function of monitoring plant development, providing important information about the physiological state, nitrogen contents in the leaves and the photosynthetic potential of plants. In this research, the fluorescence of *a*, *b* and total chlorophyll was evaluated in sweet pepper plants subjected to N:K ratio and doses of biostimulant. The experiment was carried out from March to July 2020, in the Engenho Triunfo rural area of the municipality of Areia - PB. The variables analyzed were chlorophyll fluorescence: initial, maximum, variable fluorescence. And the chlorophyll indices: *a*, *b* and total chlorophylls. By analysis of variance it was observed that there was no significant effect on the interaction of factors, doses of biostimulant and N:K ratios, as well as no significant effect for both isolated factors on photochemical activity and photosynthetic pigments of pepper at 30 and 60 days after planting (DAP). In this sense, confidence intervals (bands) were performed to demonstrate the average effect of each N:K ratio as a function of the increase in the concentration of the biostimulant for the studied variables. The use of 1:2 and 2:1 N:K ratios did not require the use of the biostimulant for greater chlorophyll fluorescence and chlorophyll pigment synthesis.

Keywords: chlorophyll *a*; fluorescence; biostimulant; *Capsicum annum* L.

4.1 INTRODUÇÃO

O pimentão é um vegetal de grande importância econômica no Brasil. Esta olerícola é muito cultivada e consumida em todo o país, a área de plantio está estimada em 19 mil hectares e produção acima 420 mil toneladas (FAO, 2017). A análise do teor de clorofila nas folhas é um método comumente adotado na agricultura, com a função de monitorar o desenvolvimento vegetal, fornecendo informações importantes sobre o estado fisiológico, teores de nitrogênio nas folhas e o potencial fotossintético das plantas (YANG et al., 2015).

A deficiência de nutrientes em especial, o nitrogênio, influencia fortemente a estrutura e funções do aparelho fotossintético, visto que o N é constituinte pela síntese de clorofila, portanto é necessário medir a fluorescência da clorofila e a fotossíntese das folhas em resposta ao N e analisar as relações entre a fluorescência da clorofila, a fotossíntese e a concentração foliar de nitrogênio (JIN et al., 2015).

O Nitrogênio (N) é um dos elementos mais absorvidos pelas plantas, as altas taxas de absorção de nitrogênio refletem efeitos positivos sobre a taxa de assimilação de carbono, visto que este nutriente faz parte dos principais constituintes do sistema fotossintético, como as clorofilas e proteínas, componentes determinantes do processo que culmina no crescimento vegetal (SOUZA et al., 2020). Por outro lado, o Potássio (K) é o nutriente mais exigido pelos vegetais, atua desempenhando um papel importante em vários processos biológicos vitais, das plantas, como ativação enzimática, respiração, fotossíntese e melhoria no balanço hídrico (SOUZA et al., 2017).

Os bioestimulantes estão sendo cada vez mais integrados aos sistemas de produção agrícolas, com o objetivo de modificar os processos fisiológicos nas plantas para otimizar a produtividade. Um bioestimulante vegetal é qualquer substância ou microrganismo aplicado às plantas com o objetivo de aumentar a eficiência nutricional, a tolerância ao estresse abiótico, e as características de qualidade da cultura. (BROWN SAA., 2015; DU JARDIN., 2015; YAKHIN 2016).

Portanto, o trabalho teve como objetivo avaliar a fluorescência da clorofila *a*, *b* e total em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Localização do experimento

O experimento foi realizado durante os meses de março a julho de 2020, no Engenho Triunfo ($6^{\circ} 58' 45.1''$ S; $35^{\circ} 41' 56.8''$ W), área rural do município da cidade de Areia - PB. O clima da região é caracterizado como quente e úmido de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média anual varia de 22 a 26°C e umidade relativa entre 75 e 87% (Cruz et al. 2019). Durante a condução do experimento, a temperatura máxima foi de 25°C, enquanto a mínima 24°C, e a precipitação variou entre 85 a 90mm, os dados atmosféricos foram registrados diariamente pela estação automática localizada no município de Areia (Figura 8).

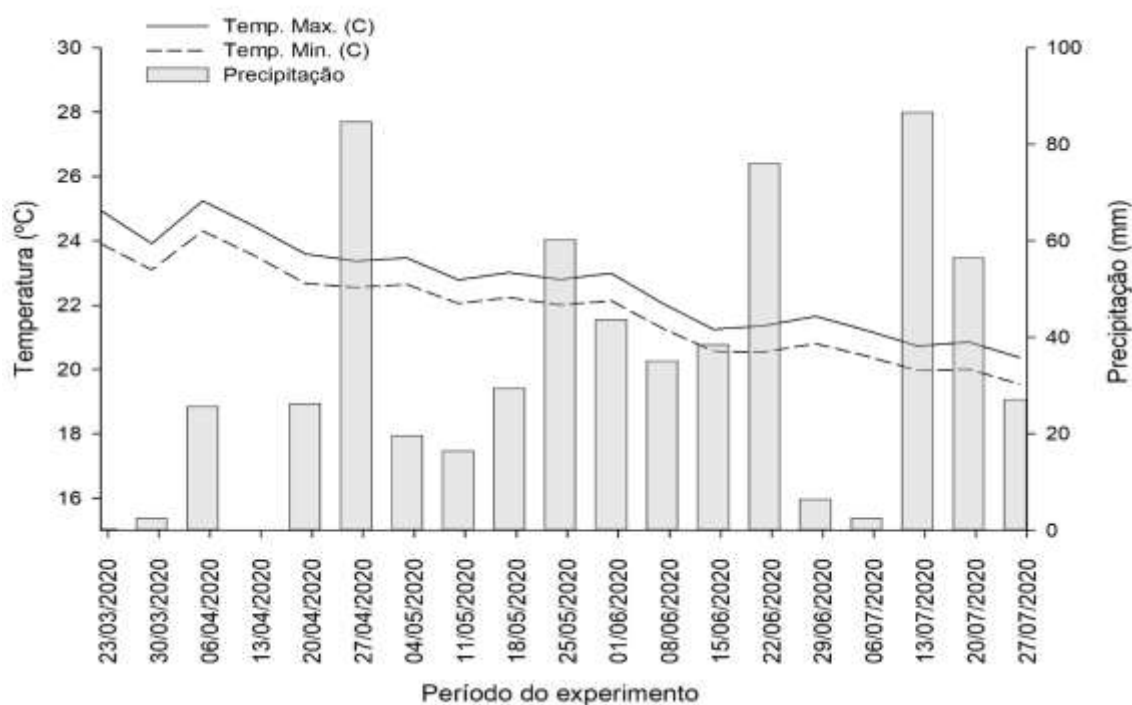


Figura 8. Temperaturas e precipitação durante o período de condução do experimento. Temperaturas máximas (Temp.máx), e mínimas (Temp.min) em °C; Precipitação em mm.

Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, organizados em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 5×5 , com três blocos, totalizando 75 unidades experimentais. Os tratamentos foram compostos por cinco relações N:K na parcela principal (1:1, 1:2, 2:1, 1:3; 3:1) e cinco níveis de bioestimulante Stimulate® na subparcela (0; 1,12; 2,25; 3,37 e 4,5 mL L⁻¹). Cada unidade

experimental foi constituída por um canteiro medindo 3,30×1,00 m, contendo 10 plantas, espaçadas entre si em 40 cm.

Atributos químicos e físicos do solo

As amostras simples foram retiradas aleatoriamente do solo na camada de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade. As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo e no laboratório de Física do solo, da Universidade Federal da Paraíba, para caracterização dos atributos químicos (fertilidade) e físicos (Tabela 10).

Tabela 10. Composição química e granulometria do solo (0-20 e 20 -40 cm de profundidade) da área de cultivo de pimentão.

Profundidade	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V	m	M.O.
	H ₂ O (1:2,5)	mg dm ⁻³				emol _c dm ⁻³						—%	—
0 - 20	4,9	1,1	184,06	0,02	7,82	1,40	0,51	1,37	2,37	10,19	23,0	0,0	84,26
20 - 40	4,6	0,85	100,58	0,01	6,29	2,08	0,20	1,00	1,47	7,75	19	0	55,48
Granulometria (g kg)													
	Areia	Silte	Argila	0,02	7,82	1,40	0,51	1,37	2,37	10,19	23,0	0,0	84,26
	2- 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002	0,01	6,29	2,08	0,20	1,00	1,47	7,75	19	0	55,48
				AD	GF	DS	DP	PT	Umidade			1,5	CT
	mm	mm	mm						0,01	0,03			
											MPa		
	g/kg				kg/dm ⁻³	g/cm ⁻³		m ³ / m ³		g/kg			
0 - 20	462	105	433	52	879	1,35	2,58	0,48		257	234	176	Argila Arenosa
20 - 40	348	133	519	105	798	1,35	2,58	0,48		257	234	176	Argila

pH: Potencial hidrogeniônico; P - Fósforo; K⁺ - Potássio; Na⁺ – Sódio; H⁺+Al³⁺: Acidez potencial; Al³⁺ – Alumínio; Ca²⁺ – Cálcio; Mg²⁺ – Magnésio; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação por bases; m: Saturação por alumínio; M.O.: Matéria orgânica; AD: Argila dispersa; GF: Grau de floculação; DS: Densidade do solo; DP: Densidade de partículas; PT: Porosidade total; CT: Classe textural.

Instalação e manejo da cultura

Preparo do solo

Para a limpeza da área foi utilizado um trator New Holland® 4x4 com grade pesada. Em seguida foi realizada a correção do pH solo, com aplicação de calcário dolomítico (Tabela 11), de acordo com as recomendações da análise de solo. O cálculo da quantidade de calcário utilizada na área experimental foi baseado no método da elevação da porcentagem de saturação de bases

resultando numa quantidade de 4,23 t ha⁻¹ aplicadas a lanço. O calcário foi incorporado ao solo com o auxílio de uma grade leve, agindo no solo por 90 dias antes do plantio. Os canteiros foram dimensionados utilizando uma enxada manual, medindo 3,30 x 1,00 m. As covas de plantio foram abertas com dimensões de 15 x 15 x 15 cm, distanciadas com 1m entre linhas e 40 cm entre plantas.

Tabela 11. Análise do calcário utilizado no experimento.

Amostra	≥ 2mm	2-1 mm	1 0,25mm	≤0,25mm	ER	PN	PRNT
100g	Peneira 10 ABNT	Peneira 18 ABNT	Peneira 60 ABNT	Fundo	%	% de CaCO ₃	%
01	0,00	0,00	6,40	93,60	97,44	92,02	89,66

Após 30 dias da aplicação do calcário foi realizada a fosfatagem para a elevação da disponibilidade de fósforo para os níveis adequados. De acordo com os cálculos utilizados por Sousa et al. (2016), foram aplicados 25 kg ha⁻¹ de superfosfato simples na área experimental.

Adubação e plantio

Para o plantio foi utilizada mudas de pimentão variedade All Big Isla[®] Sementes. A adubação foi parcelada em quatro vezes, consistindo em uma adubação de fundação e três adubações de cobertura. A adubação de fundação foi realizada utilizando-se bagaço de cana-de-açúcar, 100% do fósforo na forma de superfosfato simples e 25% de nitrogênio na forma de ureia. O restante de nitrogênio e potássio foi aplicado em cobertura, aos 25, 45 e 60 dias após o transplante. Todas as adubações foram realizadas conforme os seguintes tratamentos das relações de N:K: 1:1 (50% N e 50% K); 1:2 (33,4 % N e 66,6 % K); 2:1 (66,6% N e 33,4% K); 1:3 (25% N e 75% K) e 3:1 (75% N e 25%K), correspondendo as seguintes quantidades por planta: 1:1= 1,6g de N, e 0,69g de K. 1:2= 1,11g de N, e 0,93g de K. 2:1= 2,22g de N, e 0,46g de K. 1:3= 0,83g de N e 1,04g de K e 3:1= 2,5g de N, e 0,34g de K.

Aplicação do Bioestimulante

A aplicação do bioestimulante Stimulate[®] foi realizada com o auxílio de pulverizador manual de compressão prévia, Thor[®] de 5 litros, utilizando-se volume de calda conforme os tratamentos: Dose 1= 0; Dose 2= 1,12 mL de Stimulate[®] para 800 mL de água; Dose 3= 2,25 mL de Stimulate[®]

para 1,800 litros de água; Dose 4= 3,37 mL de Stimulate[®] para 2,700 litros de água; e Dose 5= 4,5 ml de Stimulate[®] para 3,600 mL de água.

Foram realizadas aplicações a cada 15 dias, do começo ao final do ciclo da cultura, via foliar, totalizando oito aplicações. Em todas as aplicações adicionou-se à calda fixador e adjuvante Brasilphos + Fix[®] linha Bio-Plant, seguindo recomendação do fabricante.

Tratos culturais

A irrigação foi realizada pelo método localizado com fita gotejadora Netafimtm[®] com emissores espaçado em 20 cm e vazão 1,60 L h⁻¹. O sistema de irrigação foi ligado diariamente, durante os períodos da manhã e tarde durante 1 hora. A classificação química da água usada na irrigação, corresponde a C2S1, considerada de boa qualidade para irrigação (Tabela 12).

Tabela 12. Características químicas da água utilizada no experimento.

Amostra	pH	C.E.	SO ₄ ⁻²	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS	Classificação
		dSm ⁻¹ a 25°C	----- mmolc L ⁻¹ -----									
	7,1	0,28	0,08	1,41	0,90	0,14	0,32	0,00	4,00	1,50	0,97	C2S1

O controle de pragas foi realizado através da aplicação do inseticida Lanate[®] BR, com concentração de 20 mL do produto, para 20 litros de água, em pulverizador costal manual Stihl[®] SG 20. Para o controle de fungos, utilizou-se o fungicida Tenaz[®] 250 SC, com a concentração de 20 mL do princípio ativo, para 20 litros de água em pulverizador costal manual Stihl[®] SG 20. Tanto o inseticida como o fungicida foram aplicados cinco vezes durante o ciclo da cultura.

As capinas foram realizadas mensalmente com o auxílio de enxada e sacho, fazendo a retirada de ervas daninhas, respectivamente. A poda foi realizada 30 dias após o plantio, consistindo na retirada de galhos e brotações indesejadas nas plantas de pimentão. O tutoramento das plantas foi realizado aos 40 dias, após o plantio, com o auxílio de uma haste de madeira e fitilho de nylon, onde as plantas foram fixadas na haste com o intuito de evitar possíveis tombamentos provocados por ventos, chuva, peso de frutos, etc.

Análises fisiológicas

Índices foliares de clorofila

As leituras dos índices foliares de clorofila foram realizadas das 8:00 às 11:00 h, aos 30 e 60 DAP, com um clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG® modelo CFL 1030, produzido pela Falker Automação Agrícola. Sendo os valores expressos em ICF (Índice de Clorofila Falker). Foram mensurados os índices de clorofila *a*, índice de clorofila *b*, índice de clorofila total e razão entre os índices de clorofila *a/b*.

Fluorescência da clorofila *a*

As medições da fluorescência da clorofila *a* aos 30 e 60 DAP foram realizadas no turno da manhã (8:00 às 11:00h), com a utilização de um fluorômetro portátil (Opti-Sciences), em folhas intermediárias dos ramos, pré-adaptadas ao escuro após período de 30 minutos, sendo mensuradas a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), eficiência fotoquímica primária do fotossistema II (F_v/F_0) e eficiência quântica máxima do fotossistema II (F_v/F_m).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância foi observado que não houve efeito significativo na interação dos fatores, doses de bioestimulante e proporções de N:K, como também não houve efeito significativo para ambos os fatores isolados na atividade fotoquímica e pigmentos fotossintéticos do pimentão aos 30 e 60 dias após o plantio (DAP). Nesse sentido foi realizado intervalos de confiança (bandas) para demonstrar o efeito médio de cada proporção de N:K em função do acréscimo na concentração do bioestimulante para as variáveis estudadas.

A fluorescência inicial (F_0) na proporção de N:K 1:1 aumentou com incremento na concentração do bioestimulante até a dose de 3,37 mL L⁻¹ aos 30 DAP e 4,5 mL L⁻¹ aos 60 DAP com valores médios respectivos de 240 e 315 elétrons quantum⁻¹ (Figura 9A). Em relação às plantas impostas as proporções de N:K 1:2 e 2:1 a F_0 foi maior na maior dose de bioestimulante (4,5 mL L⁻¹) aos 30 e 60 DAP com valores correspondentes de 230 e 278,8 elétrons quantum⁻¹ para proporção 1:2 (Figura 9B) e 243,3 e 264,3 elétrons quantum⁻¹ para proporção 2:1 (Figura 9C). Na proporção 1:3 aos 30 DAP o valor médio máximo da F_0 foi na dose de 3,37 mL L⁻¹ com 246,6 elétrons quantum⁻¹ e aos 60 DAP foi na dose de 1,12 mL L⁻¹ com 254,33 elétrons quantum⁻¹ (Figura 9D). Enquanto que na proporção 3:1 o bioestimulante propiciou um pequeno acréscimo na F_0 até a dose de 1,12 mL L⁻¹ aos 30 DAP e 2,25 mL L⁻¹ aos 60 DAP, com declínios na F_0 nas doses superiores (Figura 9E).

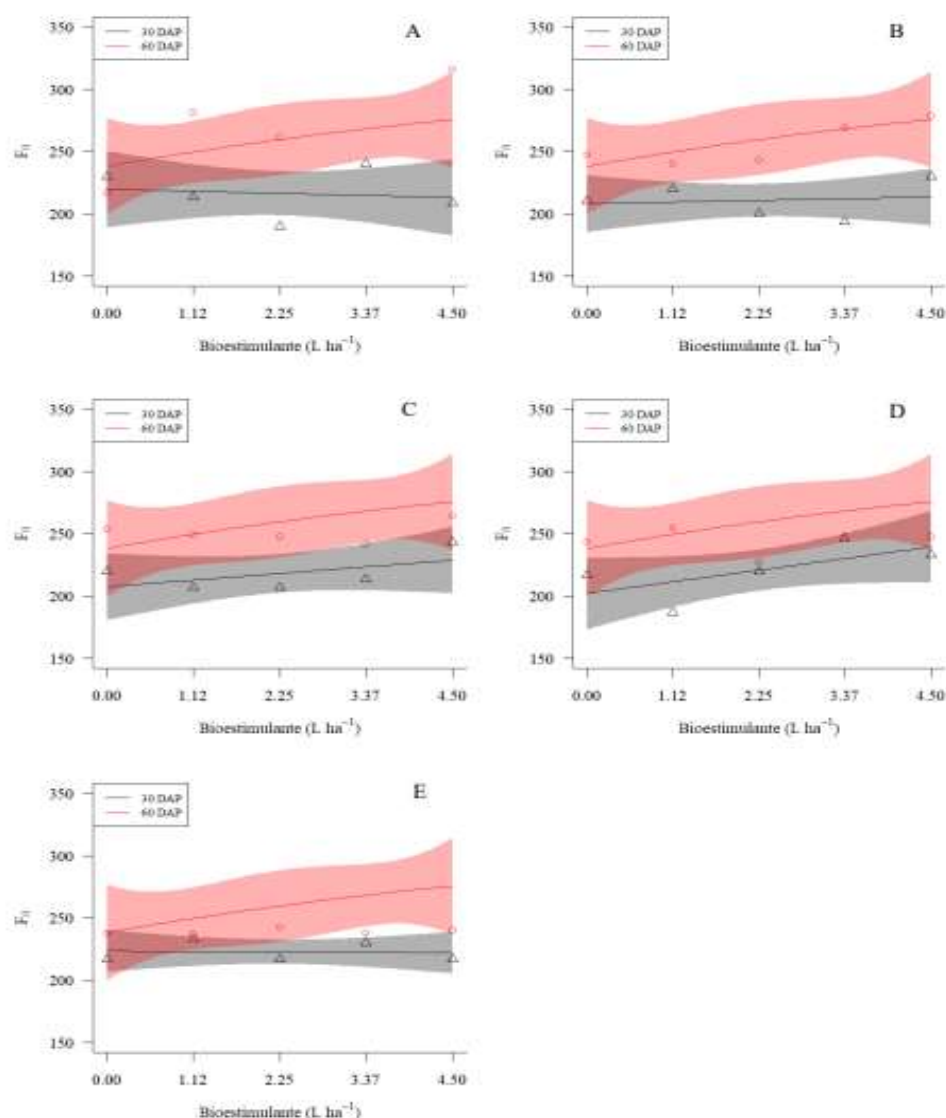


Figura 9. Fluorescência inicial (F_0) 30-60 DAP, (A), (B), (C), (D), (E), em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante.

É notório que o incremento na concentração do bioestimulante aumentou a F_0 nas proporções de N:K estudadas, devido o bioestimulante Stimulate® apresentar na sua formulação citocininas que são responsáveis pela retardação da degradação de proteínas e clorofila (SOUZA et al., 2020), corroborando com Nóbrega et al. (2021) os quais observaram que o bioestimulante aumentou os índices de fluorescência da clorofila em phisális. Contudo, à medida que houve aumento na proporção de N houve menor necessidade na aplicação do bioestimulante, ou seja, foram necessárias doses menores do bioestimulante para valores máximos da F_0 . Provavelmente, o incremento de N eleva a síntese de clorofila (Kanwal et al., 2018), mitigando a necessidade da síntese do pigmento pelo bioestimulante.

A aplicação do bioestimulante aos 30 DAP reduziu os valores da fluorescência máxima (Fm) com maior média na ausência do bioestimulante (1010 elétrons quantum⁻¹) na proporção N:K 1:1, enquanto que aos 60 DAP houve acréscimo na Fm até dose de 1,12 mL L⁻¹ do bioestimulante com 1005 elétrons quantum⁻¹ e declínio a partir dessa concentração (Figura 10A). Entretanto, na concentração 1:2 o valor máximo da Fm foi na dose de 4,5 mL L⁻¹ (Figura 10B) tanto aos 30 quanto aos 60 DAP, com valores médios de 983,33 e 1148 elétrons quantum⁻¹, respectivamente. Na proporção 2:1 (Figura 10C) aos 30 DAP a Fm reduziu com incremento na concentração do bioestimulante, com maior valor obtido na ausência do bioestimulante (1110 elétrons quantum⁻¹), ao tempo que aos 60 DAP o bioestimulante promoveu incremento na Fm até concentração de 1,12 mL L⁻¹ do bioestimulante referente a Fm de 1070 elétrons quantum⁻¹, com sucessiva redução nos valores da Fm. Foi possível observar que na proporção 1:3 a aplicação do bioestimulante prejudicou os valores de Fm, com as maiores médias na ausência do bioestimulante em ambas às épocas de avaliação com 936,66 elétrons quantum⁻¹ aos 30 DAP e 1105 elétrons quantum⁻¹ aos 60 DAP (Figura 10D). Às plantas tratadas com proporção 3:1 (Figura 10E) aos 30 DAP incrementaram os valores de Fm em função do acréscimo na concentração do bioestimulante até a dose de 3,37 mL L⁻¹ com valor médio de 920 elétrons quantum⁻¹ e aos 60 DAP o aumento nos valores de Fm foram até 1,12 mL L⁻¹ alcançando a Fm de 1063 elétrons quantum⁻¹.

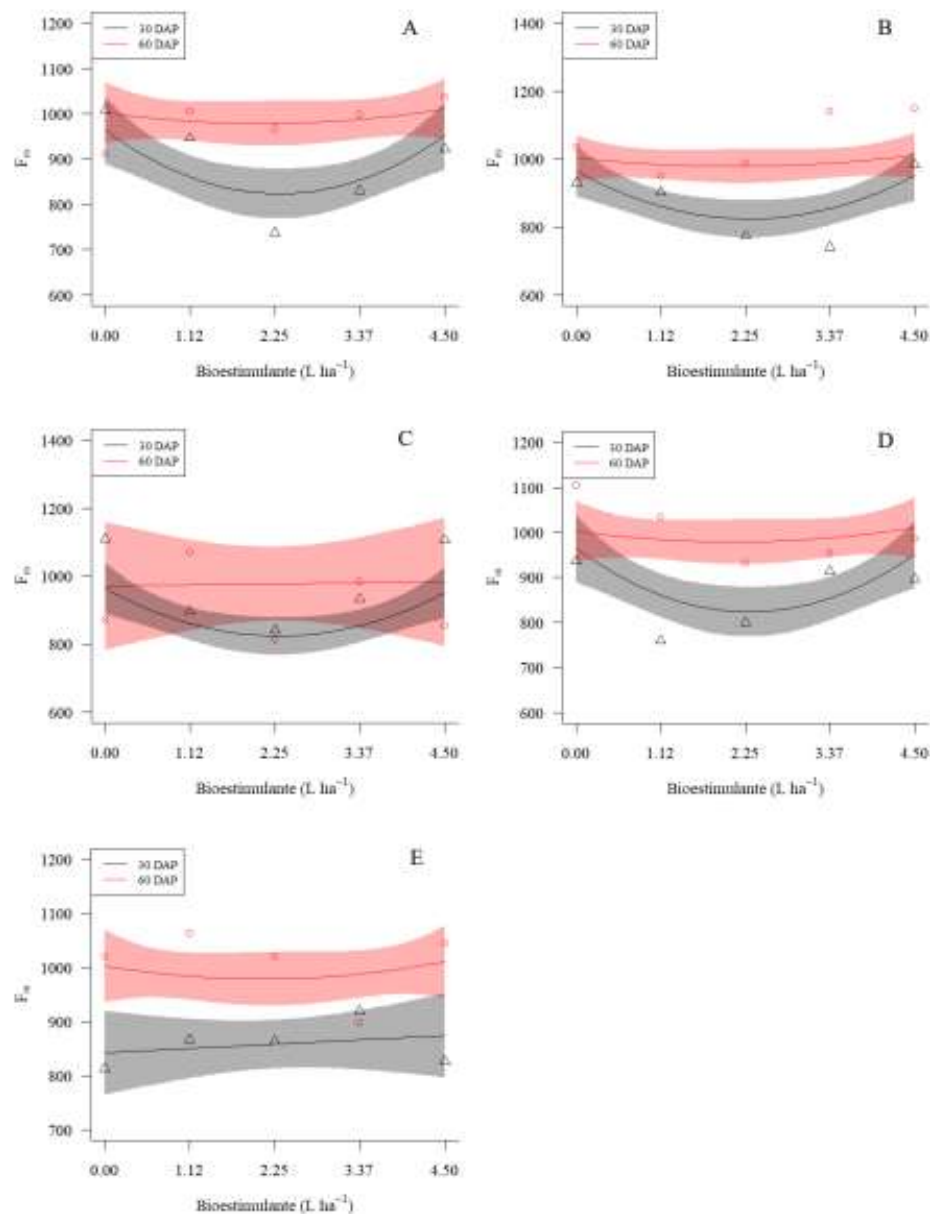


Figura 10. Fluorescência máxima (Fm) 30-60 DAP, (A), (B), (C), (D), (E), em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante.

Na maior concentração de K (1:3) o uso do bioestimulante reduziu gradativamente os valores de Fm em ambas às épocas de avaliação, não necessitando assim da ação do bioestimulante no incremento fotoquímico, provavelmente como o potássio auxilia na absorção e transporte de outros nutrientes, a exemplo do nitrato na seiva do xilema, que se move junto com o íon K e é disseminado em diferentes partes da planta com um suprimento adequado de K (Ali et al., 2019). Tal fato também ocorreu na relação 1:1 e 2:1 porém somente aos 30 DAP. Segundo Ali et al. (2019) a

aplicação de potássio melhora a assimilação do nitrogênio e a atividade das enzimas metabolizadoras do nitrogênio, consequentemente afeta funções fisiológicas da planta, como assimilação de carbono e fotossíntese. Às demais relações N:K necessitaram de maiores (N:K 1:2) e intermediárias (N:K 3:1) concentrações do bioestimulante para proporcionar elevados valores de Fm. Valores elevados de Fm são benéficos, pois estima a relação entre as causas e efeitos que controlam os mecanismos de balanço hídrico e de crescimento das plantas (MANCARELLA et al., 2016).

Para a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) as plantas que não foram submetidas ao bioestimulante nas proporções 1:1, 1:2 e 1:3 em ambos os períodos de avaliação apresentaram os maiores valores médios com 0,77 e 0,78 na proporção de N:K 1:1 (Figura 11A), 0,77 e 0,76 para 1:2 (Figura 11B) e 0,75 e 0,76 para 1:3 (Figura 11C) aos 30 DAP e 60 DAP respectivamente. O mesmo comportamento foi observado na proporção de N:K 2:1 aos 30 DAP com o maior valor (0,79) na ausência do bioestimulante, em contrapartida aos 60 DAP o maior valor médio (0,76) na Fv/Fm em função da adição do bioestimulante foi na dose de 1,12 mL L⁻¹ do bioestimulante (Figura 11D). Da mesma forma, a proporção de N:K 3:1 propiciou aumento na Fv/Fm linear crescente em resposta ao aumento na concentração do bioestimulante até a dose de 3,37 mL L⁻¹ aos 30 DAP e 1,12 mL L⁻¹ aos 60 DAP correspondendo a 0,74 e 0,77 (Figura 11E).

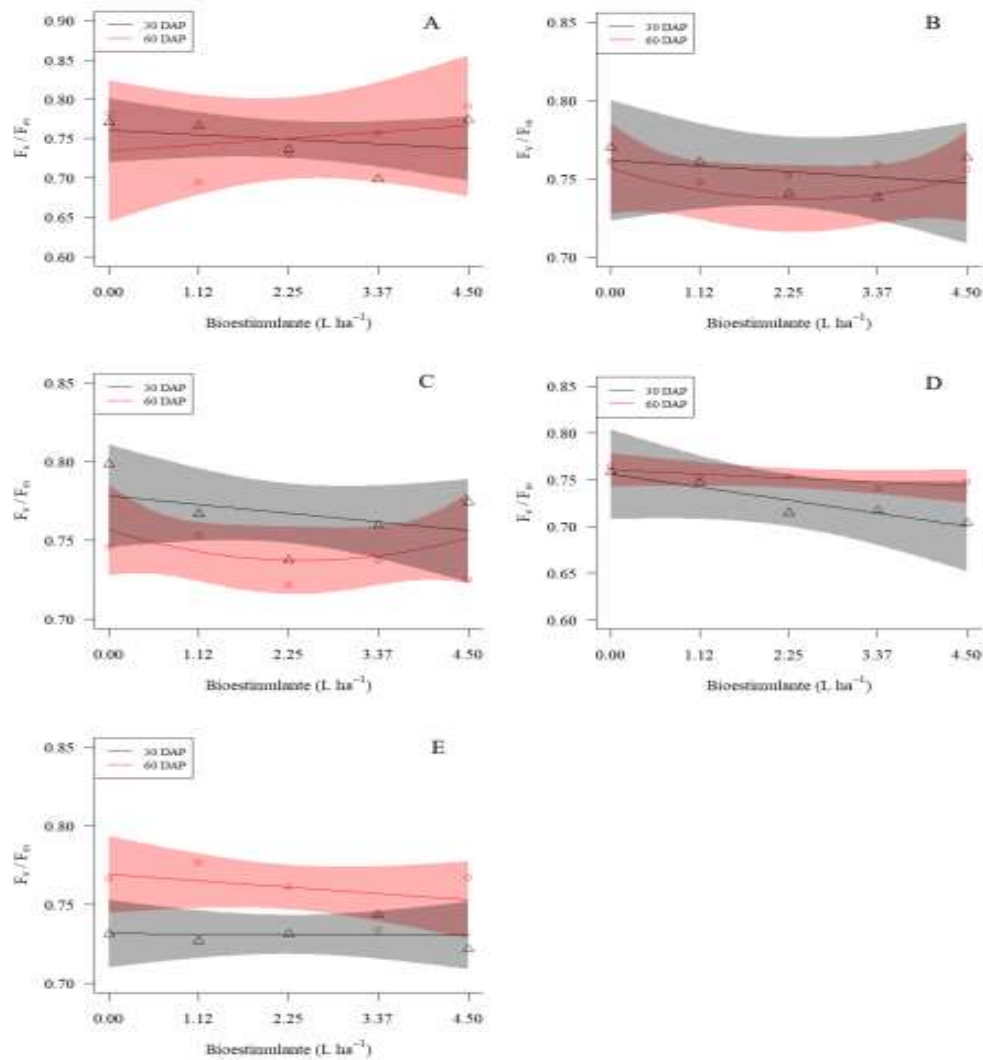


Figura 11. Eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) 30-60 DAP, (A), (B), (C), (D), (E), em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante.

Os resultados mostraram que a F_v/F_m reduziu com acréscimo de bioestimulante nas proporções de N:K 1:1, 2:1 e 3:1 possivelmente a proporção igual dos nutrientes e às proporções com maiores quantidades de potássio impulsionaram a capacidade de transferência da energia de excitação expressando a eficiência de captura desta energia pelos centros de reação abertos do fotossistema II (Kalaji et al., 2018), em virtude do K atuar na regulação metabólica da planta (Souza et al., 2017), não necessitando da aplicação do bioestimulante.

Os pigmentos fotossintéticos apresentaram diferenças para todos os valores de bioestimulante nas diferentes proporções de N:K aos 30 e 60 DAP, os valores de clorofila a foram superiores na ausência do bioestimulante nas proporções 1:2 e 2:1 (Figuras 12B e C) com valores médios de 36 e

38 ICF aos 30 e 60 DAP. De forma similar, na proporção 1:1 o maior índice de clorofila (35,18) foi com ausência do bioestimulante aos 30 DAP, porém aos 60 DAP houve aumento na quantidade de clorofila a alcançando maior valor na dose de 2,25 mL L⁻¹ do bioestimulante, com declínio em sucessivas doses (Figura 12A). Às proporções 1:3 e 3:1 também apresentaram pequeno incremento da clorofila nas respectivas doses de 3,37 e 1,12 mL L⁻¹ com valores médios respectivos de 36,02 e 35,78 ICF aos 30 DAP, entretanto aos 60 DAP o bioestimulante declinou o índice de clorofila *a* (Figuras 12D e E).

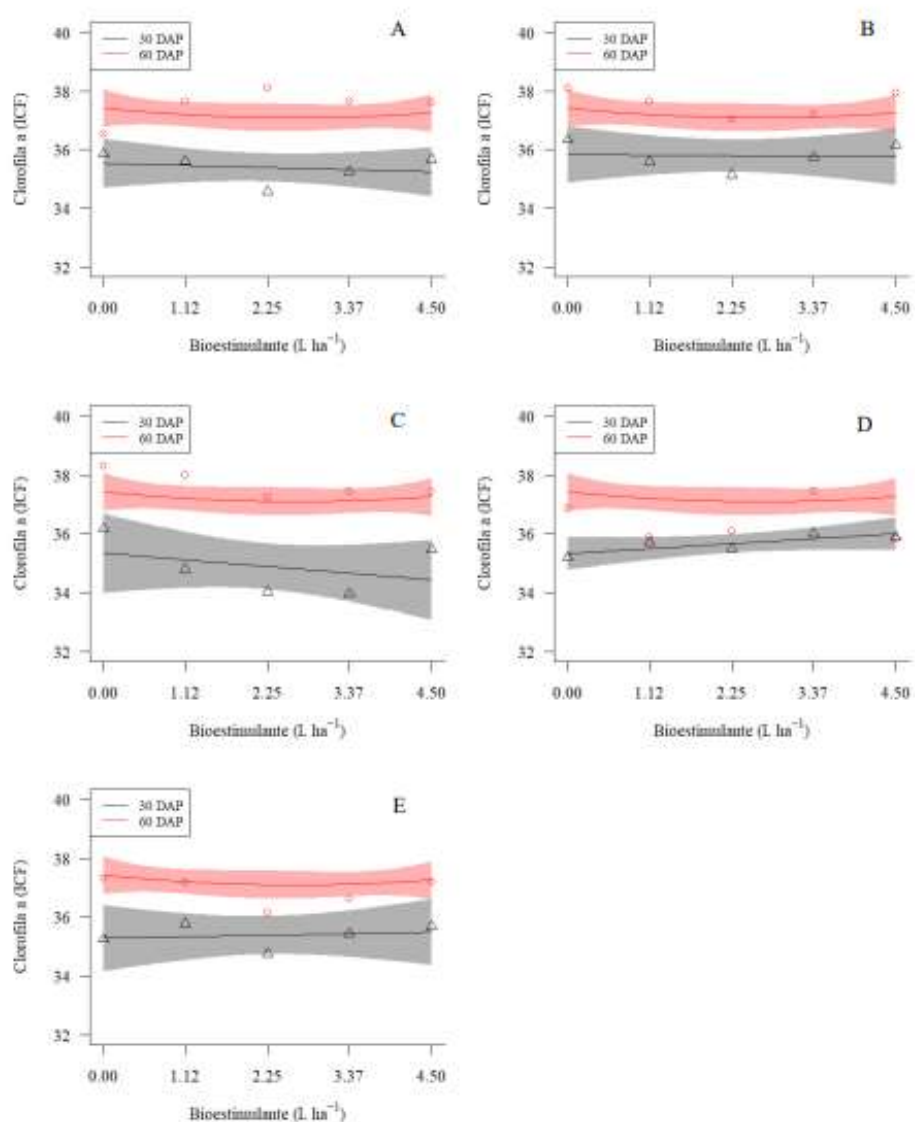


Figura 12. Clorofila *a* (ICF) 30-60 DAP, (A), (B), (C), (D), (E), em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante.

Às relações de N:K 1:2 e 2:1 não necessitaram da aplicação do bioestimulante para estimular a síntese de clorofila *a*, provavelmente esse equilíbrio nutricional foi suficiente para aumentar a quantidade de pigmentos fotossintéticos em função do nitrogênio e potássio se complementarem, por o N ser constituinte de proteínas, aminoácidos e enzimas, inclusive da enzima responsável pela síntese de clorofila, a clorofila sintase (Ueda et al., 2017), enquanto o K propicia a regulação enzimática (Wang e Wu, 2017). Contudo, às demais concentrações excessivas de N e K (1:3 e 3:1) necessitaram da aplicação do bioestimulante para elevar a síntese de clorofila *a*, talvez por ter reduzido a eficiência do uso dos fertilizantes ou causado lixiviação dos mesmos (Fernandes et al., 2020).

Em relação a clorofila *b*, plantas submetidas a proporção 1:1 elevaram o conteúdo de clorofila *b* com aplicação do bioestimulante com valores máximos (27,59 e 33,40) nas doses de 1,12 e 2,25 mL L⁻¹ aos 30 e 60 DAP, respectivamente (Figura 13A). No entanto, na proporção 1:2 a maior média encontrada foi na ausência do bioestimulante para ambos os períodos de avaliação (Figura 13B). De maneira semelhante na proporção 2:1 os menores valores de clorofila foram com uso do bioestimulante aos 30 DAP, porém aos 60 DAP houve leve acréscimo com uso do bioestimulante na dose de 1,12 mL L⁻¹ referente a 33,8 ICF (Figura 13C). A proporção 1:3 foi a proporção que obteve maiores valores de clorofila nas plantas com uso das maiores doses do bioestimulante, especificamente 3,37 mL L⁻¹ tanto aos 30 quanto aos 60 DAP (Figura 13D). O bioestimulante nas plantas tratadas com a proporção 3:1 aos 30 DAP promoveu maior valor médio (27,61 ICF) de clorofila *b* com a dose de 1,12 mL L⁻¹, em contrapartida aos 60 DAP foi com ausência do bioestimulante (Figura 13E).

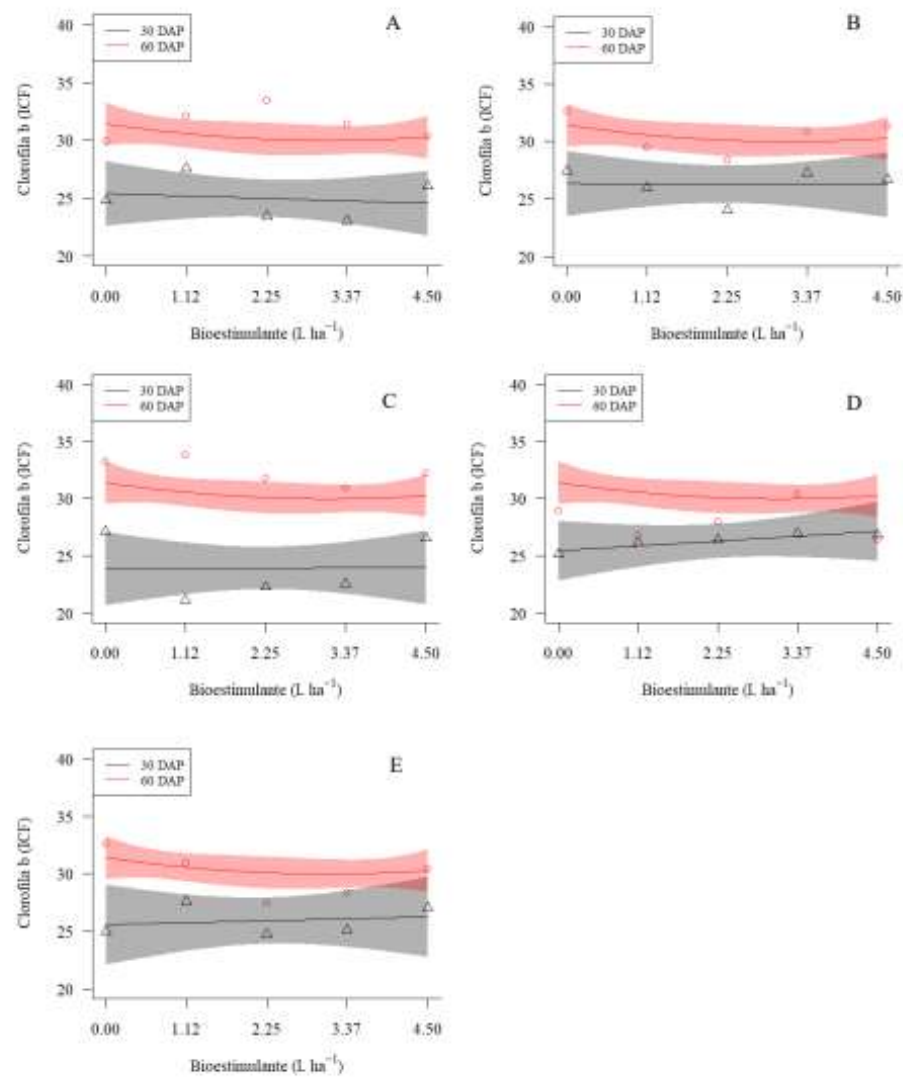


Figura 13. Clorofila b (ICF) 30-60 DAP, (A), (B), (C), (D), (E), em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante.

Os valores de clorofila total variaram de 63,8 para 57,98 ICF com comportamento similar ao de clorofila *b* em todas as proporções (Figura 14).

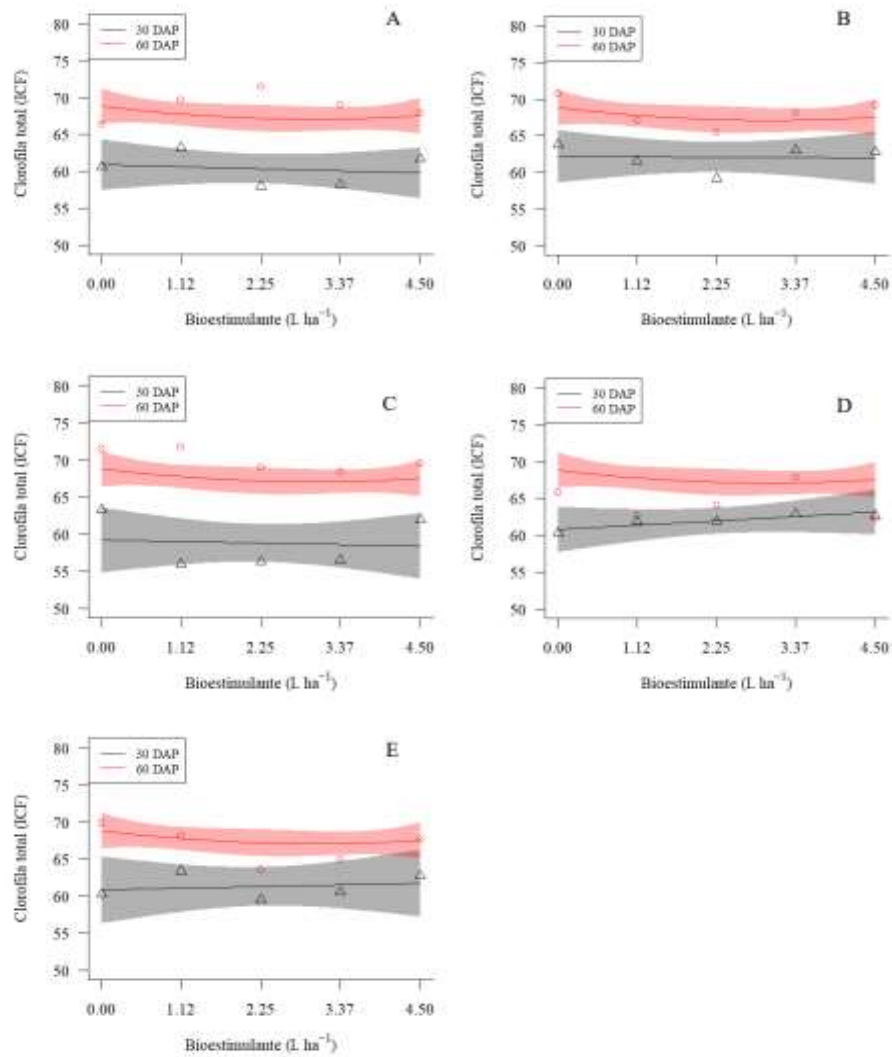


Figura 14. Clorofila total (ICF) 30-60 DAP, (A), (B), (C), (D), (E), em plantas de pimentão submetidas a relação N:K e doses de bioestimulante.

Em síntese, observamos que às proporções 1:2 e 2:1 de N:K tiveram melhor equilíbrio nutricional, pois concentrações excessivas de N e K (3:1 e 1:3) necessitaram do bioestimulante para complementação na eficiência nutricional dos fertilizantes minerais (VEROTTI et al., 2019), estimulando a síntese de pigmentos clorofilados.

4.4 CONCLUSÃO

O uso das proporções de N:K 1:2 e 2:1 não necessitaram do uso do bioestimulante para maior fluorescência da clorofila e síntese de pigmentos clorofilados.

REFERÊNCIAS

- ALI, S.; HAFEEZ, A.; MA, X.; TUNG, S.A.; CHATTHA, M.S.; LUO, D.; AHMAD, S.; LIU, J.; YANG, G. Equal potassium-nitrogen ratio regulated the nitrogen metabolism and yield of high-density late-planted cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in Yangtze River valley of China. **Industrial Crops and Products**, v.129, p.231-241, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.009>
- FERNANDES, P.C.A.; PEREIRA, L.S.; LIMA, C..G.S.; SILVA JÚNIOR, G.B.; SANTOS, T.O.S.; MOURA, R.S.; SILVA, E.M. Efficiency of nitrogen and potassium application on phytotechnical parameters and yield of melon. **Bioscience Journal**, v.36, p. 249-258, 2020. <http://dx.doi.org/BJ-v36n0a2020-53595>
- KALAJI, H.M., RAČKOVÁC, L., PAGANOVÁC, V., SWOCZYNA, T., RUSINOWSKI, S., SITKOF, K. Can chlorophyll-a fluorescence parameters be used as bio-indicators to distinguish between drought and salinity stress in *Tilia cordata* Mill? **Environmental and Experimental Botany**, v.152, 149-157, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.11.001>
- KANWAL, S., ILYAS, N., SHABIR, S., SAEED, M., GUL, R., ZAHOOR, M., BATOOL, N., MAZHAR, R. Application of biochar in mitigation of negative effects of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Nutrition**, v.41, n.4, p. 526-538, 2018. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1392568>
- MANCARELLA, S.; ORSINI, F.; VAN OOSTEN, M. J.; SANOUBAR, R.; STANGHELLINI, C.; KONDO, S.; GIANQUINTO, G.; MAGGIO, A. Leaf sodium accumulation facilitates salt stress adaptation and preserves photosystem functionality in salt stressed *Ocimum basilicum*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 130, p. 162-173, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.06.004>
- NÓBREGA, J.S.; FÁTIMA, R.T.; FERREIRA, J.T.A.; FIGUEIREDO, F.R.A.; MELO, M.F.; CELEDÔNIO, W.F.; PAIVA, F.J.S.; DIAS, T.J. Photochemical efficiency, biomass and chlorophyll of phyális under salinity and biostimulant. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.16, n.2, e9047, 2021.
- PINTO, C. M.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINTO, O. R. O. Relações hídricas, trocas gasosas em amendoim, gergelim e mamona submetidos a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Agropecuária técnica**, v 35, n 1, p 31-40, 2014.
- R CORE TEAM. R: A language **and environment for statistical computing**. Viena, AU: R Foundation for Statistical Computing. 2673p, 2018.
- RIBEIRO, J. E. S.; SOUSA, L. V.; SILVA, T. I.; NÓBREGA, J. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; BRUNO, R. L. A.; DIAS, T. J.; ALBUQUERQUE, M. B. *Citrullus lanatus* morphophysiological responses to the combination of salicylic acid and salinity stress. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.15, n.1, e6638, 2020.

SOUZA, A. G., SMIDERLE, O. J., ARAUJO, R. M., MORIYAMA, T. K., DIAS, T. J. Controlled-Release Fertiliser and Substrates on Seedling Growth and Quality in *Agonandra brasiliensis* in Roraima. **Journal of Agricultural Studies**, v.8, n.3, p. 70-80, 2020.

SOUZA, ÁLVARO HENRIQUE CÂNDIDO DE et al. Effect of fertigation with potassium and nitrogen on gas exchange and biomass accumulation in eggplant1. **Pesquisa Agropecuária Tropical** [online]. 2017, v. 47, n. 03 [Accessed 25 November 2021], pp. 345-352. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4747885>>. ISSN 1983-4063. <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4747885>.

SOUZA, M.W.L.; OLIVEIRA, F.A.; TORRES, S.B.; SOUZA NETA, M.L.; SÁ, F.V.S.; LEAL, C.C.P. Exogenous application of biostimulant in zucchini (*Cucurbita pepo* L.) subjected to salt stress. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 3, e20207116, 2020. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200055>

UEDA, Y.; KONISHI, M.; YANAGISAWA, S. Molecular basis of the nitrogen response in plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.63, n.4, p.329-341, 2017. <https://doi.org/10.1080/00380768.2017.1360128>

VEROTTI, T.P.; OLIVEIRA, C.G.; PARREIRA, N.S.; GONÇALVES, F. C. M. CORRÊA, C.V.; FERREIRA, G.; CAMPOS, F. G.; BOARO, C.S.F. Vegetal regulators increase the quality of atemoya fruits and recover the photosynthetic metabolism of stressed plants, **Revista Acta Physiologiae Plantarum**, 41:165, 2019.

WANG, Y.; WU, W. Regulation of potassium transport and signaling in plants. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 39, p.123-128, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2017.06.006>.