

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 16/11/2023.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**BIOESTIMULANTE COMO ESTRATÉGIA AO DÉFICIT
HÍDRICO EM FEIJOEIRO COMUM**

**Maria Albertina Monteiro dos Reis
Engenheira Agrônoma**

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**BIOESTIMULANTE COMO ESTRATÉGIA AO DÉFICIT
HÍDRICO EM FEIJOEIRO COMUM**

Eng. Agrônoma Maria Albertina Monteiro dos Reis

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

R375b

Reis, Maria Albertina Monteiro dos
Bioestimulante como estratégia ao déficit hídrico
em feijoeiro comum / Maria Albertina Monteiro dos
Reis. -- Jaboticabal, 2021
69 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Luiz Fabiano Palaretti

1. Cultivares. 2. Fitormônios. 3. Phaseolus vulgaris
L.. 4. regime hídrico. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias,
Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

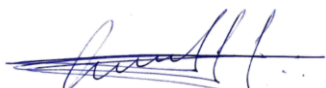
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: BIOESTIMULANTE COMO ESTRATÉGIA AO DÉFICIT HÍDRICO EM FEIJOEIRO COMUM

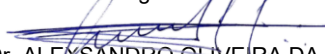
AUTORA: MARIA ALBERTINA MONTEIRO DOS REIS

ORIENTADOR: LUIZ FABIANO PALARETTI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. LUIZ FABIANO PALARETTI (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas (DECEX) / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA (Participação Virtual)
Engenharia Agrícola / Universidade Federal do Ceará



Prof. Dr. ROGÉRIO FALLEIROS CARVALHO (Participação Virtual)
Departamento de Biologia Aplicada a Agropecuária / FCAV UNESP Jaboticabal



Prof. Dr. ORIVALDO ARF (Participação Virtual)
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. ALAN RODRIGO PANOSSO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - UNESP

Jaboticabal, 16 de novembro de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Maria Albertina Monteiro dos Reis nasceu em 23 de julho de 1993, na cidade de Fortaleza – CE, filha de Marta Maria Dias Monteiro dos Reis e José Edson Borges dos Reis. Ingressou em 2011 no curso de Agronomia da Universidade Federal do Ceará – Campus Pici, com obtenção do título de Engenheira Agrônoma em 2016. Durante a graduação participou do Núcleo Integrado de Mecanização e Projetos Agrícolas (NIMPA), orientada pelo Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli, no qual trabalhou com Engenharia de Sistemas Agrícolas, Relação Solo-Máquina-Planta, Análise Energética e Operacional e Ensaio de Máquinas. Foi bolsista de Iniciação Científica da FUNCAP (Federação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) no período de 2013 a 2014. Participou da Empresa Júnior do Curso de Agronomia (Agrônômica) no período de 2013 a 2015. Ingressou no mestrado em 2016 no programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará – Campus Pici com bolsa CNPq, atuando na área de concentração de Engenharia de Sistemas Agrícolas e linha de pesquisa Máquinas e Mecanização Agrícola, trabalhando juntamente ao Grupo de Pesquisa em Engenharia de Água e Solo (GPEAS), com a temática preparo do solo x irrigação na cultura do milho, e obteve título de mestra em 2018. Em novembro de 2021 obteve o título de doutora pelo Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus Jaboticabal, com bolsa CAPES, trabalhando com pesquisas na área de Engenharia de Água e Solo e Fertirrigação.

AGRADECIMENTOS

A Deus. Aos meus pais Marta e Edson Reis, principais responsáveis por minha formação e princípios de vida. Ao meu irmão Francisco pelo apoio.

À toda minha família meus tios e primos.

Ao Edgard Henrique Costa Silva pelo carinho, cuidado, apoio, parceria e paciência.

Ao Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti, pelos conselhos, orientações profissionais, sabedoria e exemplo profissional.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias pela oportunidade de realização do curso.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo), pela formação e pela valiosa oportunidade proporcionada para a realização desse curso.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Profa. Dra. Durvalina Maria Mathias dos Santos pelo tempo disponibilizado e pelos inúmeros ensinamentos proporcionados.

Ao Prof. Dr. Afonso Lopes pelo acolhimento no início do curso de doutorado e os ensinamentos proporcionados.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa em Irrigação e Meio Ambiente (GPIMA) pela colaboração. Em especial ao Anderson Prates Coelho por todo o acompanhamento durante a condução dos experimentos.

Aos funcionários Luis e João pela valorosa contribuição e colaboração durante a implantação e condução do experimento em campo.

Aos componentes da banca de qualificação Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso e Prof. Dr. Victor Peçanha de Miranda Coelho pelas valiosas sugestões.

Às minhas amigas de vida pela paciência durante todos esses anos: Amandinha, Claudia, Giovanna, Fernanda, Ivna, Marina, Sarah e Thaís.

Aos amigos Ítalo, Marina, Moisés e Rhayane que me acompanham durante toda a jornada acadêmica.

Aos que me acolheram em Jaboticabal, Edcarla, Renata e Gabi por me incentivar e acompanhar na realização de mais uma etapa.

Aos amigos de Jaboticabal Adão Felipe, Everton Carvalho, Larissa Nogueira, Stefany Souza e Taynara Valeriano. Em especial à Karita Almeida, Thaise Mota e Thayse Michelain.

E a todos aqueles que de alguma forma me incentivaram ou me ajudaram a lutar pelo meu objetivo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 A cultura do feijão	2
2.2 Água na agricultura.....	4
2.3 Bioestimulante	6
3 MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1 Descrição da área experimental	8
3.2 Delineamento experimental	12
3.2.1 Irrigação	12
3.3 Condução do experimento.....	15
3.4 Avaliações fitotécnicas e componentes de produção da cultura.....	16
3.4.1 Área foliar (AF).....	16
3.4.2 Massa seca (MS)	16
3.4.3 População final de plantas (PF)	16
3.4.4 Produtividade e componentes de produção	16
3.5 Produtividade da água.....	17
3.6 Análise estatística dos dados	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1 IAC Imperador.....	19
4.2 IPR Campos Gerais	33
4.3 Considerações finais	42
5 CONCLUSÕES	42
6 REFERÊNCIAS	43
APÊNDICES.....	57
APÊNDICE A. Descrição dos tratamentos.....	58
APÊNDICE B. Estatística descritiva.....	59
APÊNDICE C. Análise de regressão.	60
APÊNDICE D. Matriz de correlação.....	61

BIOESTIMULANTE COMO ESTRATÉGIA AO DEFICIT HÍDRICO EM FEIJOEIRO COMUM

RESUMO – O feijoeiro comum possui importância socioeconômica por compor a base da alimentação humana. E como todo cultivo agrícola, têm sofrido com a escassez hídrica devido a irregularidade no regime pluviométrico. O objetivo do presente estudo foi verificar o crescimento e os componentes de produção das cultivares de feijão comum, IAC Imperador e IPR Campos Gerais sob regimes hídricos e presença e ausência do bioestimulante Stimulate® em dois anos consecutivos. O experimento foi delineado em blocos ao acaso, em esquema fatorial (2x2x5), com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em dois anos agrícolas (2019 e 2020), presença e ausência de bioestimulante (Stimulate®) e cinco regimes hídricos (63,3, 73,8, 84, 108,8 e 133,9% da evapotranspiração). Foram avaliados a massa seca, área foliar, população final de plantas, altura final, componentes de produção (número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e produtividade) e produtividade da água. A hipótese da diferença entre os tratamentos foi testada por meio do teste F e quando significativos utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% para variáveis qualitativas e análise de regressão para variáveis quantitativas. A relação entre as variáveis estudadas foi caracterizada por meio de análise multivariada (análise de agrupamento e análise de componentes principais). Não houve diferença quanto a utilização do bioestimulante para minimizar os efeitos do déficit hídrico nas duas cultivares de feijão comum. O aumento do volume hídrico disponível para o IAC Imperador acarreta maior desenvolvimento vegetativo e incremento de 35% de produtividade. Ainda, para o IAC Imperador, em 2020 houve condições climáticas mais favoráveis ao desenvolvimento. Os regimes hídricos não interferiram na produtividade do IPR Campos Gerais. Para a cultivar IPR Campos Gerais, condições climáticas com menores variações de temperaturas e maior evapotranspiração proporciona incremento de 24% no desenvolvimento vegetativo com a utilização do bioestimulante.

Palavras-chave: cultivares, fitormônios, *Phaseolus vulgaris* L., regime hídrico

BIOSTIMULANT AS A STRATEGY TO WATER DEFICIT IN COMMON BEANS

ABSTRACT – The common beans have socioeconomic importance because it is the basis of human nutrition. As all agricultural crops, they have suffered from water scarcity due to irregular rainfall. The aim of this study was verifying the growth, and yield components of two common bean cultivars, IAC Imperador and IPR Campos Gerais under water depths and biostimulant Stimulate® adoption in two consecutive years. The experiment was designed in randomized blocks, in a factorial scheme (2x2x5), with four replications. The treatments consisted of two crop years (2019 and 2020), presence and absence of biostimulant (Stimulate®) and five water depths (63.3, 73.8, 84, 108.8 and 133.9% of evapotranspiration). The shoot dry mass, leaf area, final plant population, final height, yield components (number of pods per plant, number of grains per plant, number of grains per pod) and water productivity were evaluated. The hypothesis of difference between treatments was tested using the F test and, when significant, the Tukey test was used at the 5% level for qualitative variables and regression analysis for quantitative variables. The relationship between the variables was characterized using multivariate analysis (cluster analysis and principal component analysis). There was no difference regarding the biostimulant use to minimize the effects of water deficit in the two common bean cultivars. Higher water volume available for the IAC Imperador, improve vegetative and a 35% increase in yield. Also, for the IAC Imperador, in 2020 there were climatic conditions more favorable to development. The water regimes did not interfere in IPR Campos Gerais yield. For the cultivar IPR Campos Gerais, climatic conditions with lower temperature variations and higher evapotranspiration provide 24% increase in vegetative development with the biostimulant application.

Keywords: cultivars, phytohormones, *Phaseolus vulgaris* L., water depth

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura de importância socioeconômica mundial. Ademais, é a principal fonte de proteína vegetal na alimentação humana (Mondo e Nascente, 2018; Souza et al., 2016), além de fornecimento de fibras, vitaminas e minerais (Bitocchi et al., 2017).

O Brasil possui três safras de cultivo do feijoeiro. A semeadura da primeira safra ocorre nos meses de agosto a dezembro, também chamada de safra “das águas”. A segunda safra é semeada de janeiro a abril ou safra “da seca”. A terceira safra semeada de maio a julho, também conhecida como feijão “de inverno”. As duas últimas são caracterizadas por períodos de escassez chuvosa, necessitando de irrigação. Porém, um grande empecilho para o cultivo do feijoeiro ao longo do ano é a escassez hídrica, pois em leguminosas a ocorrência frequente de déficit hídrico tem efeito significativo na produtividade (Nemeskéri et al., 2018).

O déficit hídrico tem se tornado cada vez mais frequente (Flörke et al., 2018; Nikolaou et al., 2020) e seus efeitos, nas plantas, variam de acordo com a duração, intensidade, frequência, características da cultivar e adaptabilidade das plantas à essa adversidade (Emam et al., 2010; Rosales et al., 2012). Nesse sentido, torna-se necessário o estudo de técnicas que amenizem os efeitos da deficiência hídrica no feijoeiro.

A principal estratégia para mitigação dos efeitos de déficit hídrico é o desenvolvimento de cultivares tolerantes. No entanto, o uso de bioestimulantes tem se tornado promissor (Galvão et al., 2019). Os bioestimulantes visam estimular o crescimento da planta de modo que os efeitos de estresse hídrico sejam minimizados. Nesse sentido, os reguladores de crescimento, os quais irão atuar no crescimento das plantas, podem ser utilizados como bioestimulantes.

É consagrado os efeitos benéficos de cultivos de milho (Oliveira et al., 2016), soja (Martynenko et al., 2016), laranja (Spann e Little, 2011) e feijão (Petropoulos et al., 2019) com o uso de bioestimulantes, que atuam modulando as respostas fisiológicas da planta a estresses abióticos (Bulgari et al., 2015; De Pascale et al., 2017; Mataffo et al., 2020; Rouphael e Colla, 2020; Yakhin et

al., 2017). Dentre os efeitos benéficos dos bioestimulantes, pode-se citar aumento da capacidade de retenção de água do solo, do crescimento radicular, da absorção de água e nutrientes (Bulgari et al., 2015; Van Oosten et al., 2017; Ziosi et al., 2012).

Baseando-se na hipótese que bioestimulantes vegetais podem atenuar os efeitos da deficiência hídrica nas plantas, o objetivo do presente estudo foi verificar o crescimento e os componentes de produção de duas cultivares de feijão comum, IAC Imperador e IPR Campos Gerais (tolerante à seca), sob regimes hídricos e presença e ausência do bioestimulante Stimulate® em dois anos consecutivos.

5 CONCLUSÕES

- O bioestimulante não minimiza os efeitos do déficit hídrico nas duas cultivares de feijão comum.
- O aumento de disponibilidade hídrica para o feijão comum IAC Imperador acarreta aumento médio de 30% da massa seca, 27% de área foliar e 35% de produtividade. As variáveis citadas, massa seca e área foliar, explicam o desenvolvimento vegetativo do feijoeiro comum, indicando também, maior desenvolvimento vegetativo em 2020.
- A variação de regimes hídricos não interfere no desenvolvimento e produtividade do feijão comum IPR Campos Gerais.
- O bioestimulante proporciona aumento de 24% no crescimento vegetativo (MS R6, MS R8 e AF R6) no feijão comum IPR Campos

Gerais em condições climáticas de menor variação de temperatura e maiores taxas evapotranspiratórias.

- As condições climáticas em que o feijoeiro comum IPR Campos Gerais é cultivado afeta o desenvolvimento vegetativo no florescimento e a massa de grãos.
- O aumento de reposição da evapotranspiração acarreta menor produtividade da água nas duas cultivares. Sendo assim, o manejo da irrigação em déficit hídrico para o feijoeiro comum IAC Imperador e IPR Campos Gerais, reduz o consumo hídrico sem perdas à produtividade.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2021) Atlas Irrigação: Uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA. 66 p.

Ahres M, Pálmai T, Gierczik K, Dobrev P, Vanková R, Galiba G (2021) The impact of far-red light supplementation on hormonal responses to cold acclimation in barley. **Biomolecules** 11:450.

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) FAO Irrigation and Drainage Paper N° 56. Crop evapotranspiration. 326 p.

Almeida GM, Rodrigues JGL (2016) Desenvolvimento de plantas através da interferência de auxinas, citocininas, etileno e giberilinas. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science** 9:111-117.

Ambachew D, Mekbib F, Asfaw A, Beebe SE, Blair MW (2015) Trait associations in common bean genotypes grown under drought stress and field infestation by BSM bean fly. **The Crop Journal** 3:305–316.

Ambrosano EJ, Tanaka RT, Mascarenhas HAA (1997) Leguminosas e oleaginosas. Boletim Técnico nº 100. 2 ed. IAC: Campinas, SP, 285 p.

Asch F, Dingkuhn M, Sow A, Audebert A (2005) Drought induced changes in root patterns and assimilate partitioning between root and shoot in upland rice. **Field Crops Research** 93:223-226.

Asfaw A, Ambachew D, Shah T, Blair MW (2017) Trait associations in diversity panels of the two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) gene pools grown under well-watered and water-stress conditions. **Frontiers in Plant Science** 8:733.

Asfaw A, Blair MW (2014) Quantification of drought tolerance in Ethiopian common bean varieties. **Agricultural Sciences** 5:124–139.

Asfaw A, Blair MW (2012) Quantitative trait loci for rooting pattern traits of common beans grown under drought stress versus non stress conditions. **Molecular Breeding** 30:681–695.

Atkins C, Pigeaire A (1993) Application of cytokinins to flowers to increase pod set in *Lupinus angustifolius* L. **Australian Journal of Agricultural Research** 44:1799-1819.

Badaruddin M, Meyer DW (2001) Factors modifying frost tolerance of legume species. **Crop Science** 41:1911–1916.

Barbosa JC, Maldonado Junior W (2015) AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 396p.

Beebe SE, Rao IM, Blair MW, Acosta-Gallegos JA (2013) Phenotyping common beans for adaptation to drought. **Frontiers in Physiology** 4:35.

Bitocchi E, Rau D, Belucci E, Rodriguez M, Murgia ML, Gioia T, Santo D, Nanni L, Attene G, Papa R (2017) Beans (*Phaseolus* spp.) as a model for understanding crop evolution. **Frontiers in Plant Science** 8:722.

Bontempo AF, Alves FM, Carneiro GDOP, Machado LG, Silva LOD, Aquino LA (2016) Influência de bioestimulante e nutrientes na emergência e no crescimento inicial de feijão, soja e milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 15:86-93.

Broughton WJ, Hernandez G, Blair MW, Beebe SE, Gepts P, Vanderleyden J (2003) Beans (*Phaseolus* spp.) model food legumes. **Plant Soil** 252:55–128.

Bulgari R, Cocetta G, Trivellini A, Vernieri P, Ferrante A (2015) Biostimulantes and crop responses: A review. **Biological Agriculture and Horticulture** 31:1-17.

Carlson DR, Dyer DJ, Cotterman CD, Durley RC (1987) The physiological basis for cytokinin induced increases in pod set in IX93-100 soybeans. **Plant Physiology** 84:233–239.

Carraher Junior CE, Carraher SM, Stewart HH (2010) Metal-containing polymer structures for enhanced seed germination and plant growth. **Advances in Environmental Biology** 4:108-116.

Carvalho MAC, Panosso AR, Teixeira EER, Araújo EG, Brancaglioni VA, Dallacort D (2018) Multivariate approach of soil attributes on the characterization of land use in the southern Brazilian Amazon. **Soil & Tillage Research** 184:207-215.

Cassilas VJCM, Londoño IJ, Guerrero AH, Buitrago GLA (1986) Análisis cuantitativo de la aplicación de cuatro bioestimulantes em el cultivo del rabano (*Raphanus sativus* L.). **Acta Agronomica** 36:185-195.

Chai Q, Gan Y, Zhao C, Xu H, Waskom R, Niu Y, Siddique K (2016) Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. **Agronomy for Sustainable Development** 36:3.

Chen Y, Dong H (2016) Mechanisms and regulation of senescence and maturity performance in cotton. **Field Crop Research** 189:1-9.

Chu EP, Tavares AR, Kanashiro S, Giampaoli P, Yokota ES (2010) Effects of auxins on soluble carbohydrates, starch and soluble protein content in *Aechmea blanchetiana* (Bromeliaceae) cultured in vitro. **Scientia Horticulturae** 125:451-455.

Coles ZS, Toit ES (2020) Open air-layering of *Moringa oleifera* utilizing seedling plug containers. **South African Journal of Botany** 129:225-228.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2021) Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2020/21, 11º levantamento, Agosto 2021, 109 p.

Costa MS, Mantovani EC, Cunha FF, Aleman CC (2016) Avaliação dos níveis de lâmina de irrigação no desempenho do feijoeiro cultivado na região da zona da mata, MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** 10:799-808.

Cunha G, Oliveira CAA, Alves TC, Lima LP, Cunha JPAR (2020) Influência de pontas de pulverização e adjuvante na tecnologia de aplicação de fitossanitários na cultura do feijoeiro. **Enciclopédia Biosfera** 34:205-222.

Dalri AB, Cruz RL, Garcia CJB, Duenhas LH (2008) Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. **Irriga** 13:1- 11.

Darkwa K, Ambachew D, Mohammed H, Asfaw A, Blair MW (2016) Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for drought stress adaptation in Ethiopia. **The Crop Journal** 4:367–376.

De Luque JJR, Creamer B (2014) Major constraints and trends for common bean production and commercialization; establishing priorities for future research. **Agronomía Colombiana** 32:423–431.

De Pascale S, Roupael Y, Colla G (2017) Plant biostimulants: Innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. **European Journal of Horticultural Science** 82:277-285.

Desoky ESM, Mansour E, Ali MMA, Yasin MAT, Abdul-Hamid MIE, Rady MM, Ali EF (2021) Exogenously used 24-epibrassinolide promotes drought tolerance in maize hybrids by improving plant and water productivity in an arid environment. **Plants** 10:354.

Ding Z, Kheir AMS, Ali MGM, Ali OAM, Abdelaal AIN, Lin X, Zhou Z, Wang B, Liu B, He Z (2020) The integrated effect of salinity, organic amendments, phosphorus fertilizers, and deficit irrigation on soil properties, phosphorus fractionation and wheat productivity. **Scientific Reports** 10:2736.

Dourado-Neto D, Dario GJA, Barbieri APP, Martin TN (2014) Biostimulant action on agronomic efficiency of corn and common beans. **Bioscience Journal** 30:371–379.

Du Jardin P (2015) Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae** 196:3-14.

Emam Y, Shekoofa A, Salehi F, Jalali A (2010) Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. **Archives of Agronomy and Soil Science** 9:495–499.

EMBRAPA: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2013). Brasília: Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. 353 p.

Fader M, Gerten D, Thammer M, Heinke J, Lucht W, Cramer W (2011) Internal and external green-blue agricultural water footprints of nations, and related water and land savings through trade. **Hydrology and Earth System Sciences** 15:1641-1660.

Fageria NK, Baligar VC, Clark RB (2006) Physiology of crop production. New York: The Haworth, 345p.

Fang S, Gao K, Hu W, Wang S, Chen B, Zhou Z (2019) Foliar and seed application of plant growth regulators affects cotton yield by altering leaf physiology and floral bud carbohydrate accumulation. **Field Crops Research** 231:105-114.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019) FAOSTAT. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

FAO (2009) How to Feed the World in 2050. In: How to Feed the World in 2050 Forum. 35 p.

Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA (2009) Plant drought stress, effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development** 29:185-212.

Fernández JE, Alcon F, Diaz-Espejo A, Hernandez-Santana V, Cuevas MV (2020) Water use indicators and economic analysis for on-farm irrigation decision: A case study of a super high density olive tree orchard. **Agricultural Water Management** 237:106074.

Flörke M, Schneider C; McDonald RI (2018) Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. **Nature Sustainability** 1:51-58.

Frasca LLM, Nascente AS, Lanna AC, Carvalho MCS, Costa GG (2020) Bioestimulantes no crescimento e desempenho agrônômico do feijão-comum de ciclo superprecoce. **Revista Agrarian** 13:27-41.

Frizzone JÁ (2007) Planejamento da irrigação com uso de técnicas de otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** 1:24-49.

Foloni JSS, Henning FA, Mertz-Henning LM, Pipolo AE, Melo CLP (2016) Lactofem e Etefom como reguladores de crescimento de cultivares de soja. In: XXXV Reunião de Pesquisa de Soja. Londrina, p. 42-45.

Galvão IM, Santos OF, Souza MLC, Guimarães JJ, Kühn IE, Broetto F (2019) Biostimulants action in common bean crop submitted to water deficit. **Agricultural Water Management** 225:105762.

Gao Z, Liang XG, Zhang L, Lin S, Zhao X, Zhou LL, Shen S, Zhou SL (2017) Spraying exogenous 6-benzyladenine and brassinolide at tasseling increases maize yield by enhancing source and sink capacity. **Field Crops Research** 211:1–9.

Gardner MP (1985) Mood states and consumer behavior: A critical review. **Journal of Consumer Research** 12:281–300.

Habibi G (2011) Influence of Drought on Yield and Yield Components in White Bean. **International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering** 5:380-89.

Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black W (2005) Análise multivariada de dados. Porto Alegre: Bookman.

Hanks RJ, Keller J, Rasmussen VP, Wilson GD (1976). Line Source Sprinkler for Continuous Variable Irrigation-Crop Production Studies. **Soil Science Society of America Journal** 40:426–429.

Heinemann AB, Ramirez-Villegas J, Souza TLP, Didonet AD, di Stefano JG, Boote KJ, Jarvis A (2016) Drought impact on rain fed common bean production areas in Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology** 225:57–74.

Heydari N (2014) Water productivity in agriculture: challenges in concepts, terms and values. **Irrigation and Drainage** 63:22-28.

Hummel M, Hallahan BF, Brychkova G, Ramirez-Villegas J, Guwela V, Chataika B, Curley E, McKeown PC, Morrison L, Talsma EF, Beebe S, Jarvis A, Chirwa R, Spillane C (2018) Reduction in nutritional quality and growing area suitability of common bean under climate change induced drought stress in Africa. **Scientific Reports** 8:16187.

Kadiresan K, Khanal PR (2018) Rethinking irrigation for global food security. **Irrigation and Drainage** 67:8–11.

Kaggwa-Asiimwe R, Andrade-Sanchez P, Wang G (2013) Plant architecture influences growth and yield response of upland cotton to population density. **Field Crops Research** 145:52-59.

Kaiser HF (1958) The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika** 23:178–200.

Kambhampati S, Kurepin LV, Kisiala AB, Bruce KE, Cober ER, Morrison MJ, Emery RJN (2017) Yield associated traits correlate with cytokinin profiles in developing pods and seeds of field-grown soybean cultivars. **Field Crops Research** 214:175-184.

Kauffman GL, Kneivel DP, Watschke TL (2007) Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. **Crop Science** 47:261–267.

Khan N, Bano AMD, Babar A (2020) Impacts of plant growth promoters and plant growth regulators on rainfed agriculture. **Plos One** 15:e0231426.

Köppen W (1923) Die klimate der Erde. Berlin: Gwyter. 369 p.

Leal FT, Filla VA, Bettiol JVT, Sandrini FOT, Mingotte FLC, Lemos LB (2019) Use efficiency and responsivity to nitrogen of common bean cultivars. **Ciência e Agrotecnologia** 43:e004919.

Lima SF, Jesus AA, Vendruscolo EP, Oliveira TR, Andrade GO, Simon CA (2020) Development and production of sweet corn applied with biostimulant as seed treatment. **Horticultura brasileira** 38:94-100.

Magalhães IPB, Sedyama MAN, Silva FDB, Vidigal SM, Pinto CLO, Lopes IPC (2017) Produtividade e exportação de nutrientes em feijão-vagem adubado com esterco de galinha. **Revista Ceres** 64:98-107.

Manjeru P, Madanzi T, Makedredza B, Nciizah A, Sithole M (2007) Effect of Water Stress at Different Growth Stage on Components and Grain Yield of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **African Crop Science Society Conference** 8:299–303.

Manly BFJ (2004) *Multivariate Statistical Methods: A Primer*. Chapman Hall/CR: Boca Raton. 269 p.

Manolov R (2018) Linear Trend in Single-Case Visual and Quantitative Analyses. **Behavior Modification** 42:684-706.

Mao L, Zhang L, Evers JB, Werf WVD, Liu S, Zhang S, Wang B, Li Z (2015) Yield components and quality of intercropped cotton in response to mepiquatchloride and plant density. **Field Crops Research** 179:63–71.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2021) Programa Nacional de Bioinsumos. Disponível em <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>>.

Martynenko A, Shotton K, Astatkie T, Petrash G, Fowler C, Neily W, Critchley AT (2016) Thermal imaging of soybean response to drought stress: the effect of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract. **SpringerPlus** 5:1393.

Mashilo J, Odindo AO, Shimelis HA, Musenge P, Tesfay SZ, Magwaza LS (2017) Drought tolerance of selected bottle gourd [*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.] landraces assessed by leaf gas exchange and photosynthetic efficiency. **Plant Physiology and Biochemistry** 120:75-87.

Mataffo A, Scognamiglio P, Dente A, Strollo D, Colla G, Roupael Y, Basile B (2020) Foliar application of an amino acid-enriched urea fertilizer on ‘Greco’ grapevines at full veraison increases berry yeast-assimilable nitrogen content. **Plants** 9:619.

Mathobo R, Marais D, Steyn J (2017) The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultural Water Management** 180:118–125.

Meyer DW, Badaruddin M (2001) Frost tolerance of ten seedling legume species at four growth stages. **Crop Science** 41:1838–1842.

Mondo VHV, Nascente AS (2018) Produtividade do feijão-comum afetado por população de plantas. **Revista Agrarian** 11:89-94.

Montgomery DC (2004) *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. Rio de Janeiro: LTC.

Mukeshimana G, Butare L, Cregan PB, Blair MW, Kelly JD (2014) Quantitative trait loci associated with drought tolerance in common bean. **Crop Science** 54:923–938.

Nagel L, Brewster R, Riedell WE, Reese RN (2001) Cytokinin regulation of flower and pod set soybeans (*Glycine max* L. Merr.). **Annals of Botany** 88:27–31.

Nascimento ALV, Macedo WR, Silva GH, Almeida Neto RG, Mendes MG, Marchiori PER (2016) Physiological and agronomical responses of common bean subjected to tryptophol. **Annals of Applied Biology** 168:195–202.

Nemeskéri E, Molnár K, Pék Z, Helyes L (2018) Effect of water supply on the water use-related physiological traits and yield of snap beans in dry seasons. **Irrigation Science** 36:143-158.

Nikolaou G, Neocleus D, Christou A, Kitta E, Katsoulas N (2020) Implementing sustainable irrigation in water-scarce regions under the impact of climate change. **Agronomy** 10:1120.

Ninou E, Tsialtas JT, Dordas CA, Papakosta DK (2013) Effect of irrigation on the relationships between leaf gas exchange related traits and yield in dwarf dry bean grown under Mediterranean conditions. **Agricultural Water Management** 116:235–241.

Nonokawa K, Kokubun M, Nakajima T, Nakamura T, Yoshida R (2007) Roles of auxin and cytokinin in soybean pod setting. **Plant Production Science** 10:199–206.

OECD (2012) OECD Environmental Outlook to 2050, OECS Publishing. 353 p.

Oliveira FA, Medeiros JF, Cunha RC, Souza MWL, Lima LA (2016) Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Revista Ciência Agronômica** 47:307-315.

Padilha NS, Silva CJ, Pereira SB, Silva JAN, Heid DM, Bottega SP, Scalon SPQ (2016) Crescimento inicial do pinhão-mansão submetido a diferentes regimes hídricos em latossolo vermelho distrófico. **Ciência Florestal** 26:513–521

Parker RI, Vannest KJ (2009) An improved effect size for single-case research: Nonoverlap of all pairs. **Behavior Therapy** 40:357-367.

Pedó T, Martinazzo EG, Bacarin MA, Antunes IF, Koch F, Monteiro MA, Pimentel JR, Troyjack C, Villela FA, Aumonde TZ (2018) Crescimento de plantas e vigor de sementes de feijão em resposta à aplicação exógena de ácido giberélico. **Revista Ciências Agrárias** 41:757-770.

Petropoulos SA, Taofiq O, Fernandes A, Tzortzakis N, Ciric A, Sokovic M, Barros L, Ferreira ICFR (2019) Bioactive properties of greenhouse-cultivated green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under biostimulants and water-stress effect. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 99:6049-6059.

Piovesan FL, Gonçalves GB, Gheller JA (2019) Influência de diferentes adjuvantes agrícolas adicionados à fungicidas no controle da ferrugem asiática. **Revista Cultivando o Saber** 36-46.

Polania J, Poschenrieder C, Rao I, Beebe S (2016a) Estimation of phenotypic variability in symbiotic nitrogen fixation ability of common bean under drought stress using ¹⁵N natural abundance in grain. **European Journal of Agronomy** 79:66–73.

Polania J, Rao IM, Cajiao C, Rivera M, Raatz B, Beebe S (2016b) Physiological traits associated with drought resistance in Andean and Mesoamerican genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica** 210:17-29.

Prerostova S, Cerný M, Dobrev PI, Motyka V, Hluskova L, Zupkova B, Gaudinova A, Knirsch V, Janda T, Brzobohatý B, Vankova R (2021) Light Regulates the Cytokinin-Dependent Cold Stress Responses in *Arabidopsis*. **Frontiers in Plant Science** 11:608711.

Rademacher W (2015) Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulation** 34, 845–872.

Ramirez-Cabral NYZ, Kumar L, Taylor S (2016) Crop niche modeling projects major shifts in common bean growing areas. **Agricultural and Forest Meteorology** 218:102–113.

Rodrigues GC, Pereira LS (2009) Assessing economic impacts of deficit irrigation as related to water productivity and water costs. **Biosystems Engineering** 103:536-551.

Rodrigues LA, Batista MS, Alvarez RCF, Lima SF, Alves CZ (2015) Avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. **Nucleus** 12:207-214.

Rosales MA, Ocampo E, Rodríguez-Valentín R, Olvera-Carrillo Y, Acosta-Gallegos J, Covarrubias AA (2012) Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. **Plant Physiology and Biochemistry** 56:24–34.

Rouphael Y, Colla G (2020) Editorial: Biostimulants in Agriculture. **Frontiers in Plant Science** 11:1–7.

Rout GR (2006) Effect of auxins on adventitious root development from single node cuttings of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze and associated biochemical changes. **Plant Growth Regulation** 48:111–117.

Santos JP, Borges TS, Silva NT, Alcantara E, Rezende RM, Freitas AS (2017) Efeito de bioestimulante no desenvolvimento do feijoeiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde** 15:815-824.

Scarpella E (2017) The logic of plant vascular patterning. Polarity, continuity and plasticity in the formation of the veins and of their networks. **Current Opinion in Genetics & Development** 45:34-43.

Shwartz I, Matan L, Ori N, Bar M (2016) Hormones in tomato leaf development. **Developmental Biology** 419:132-142.

Silva Júnior HM (2015) **Avaliação de duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a diferentes lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial, no noroeste paulista**. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Singh SP (1981) A Key for Identification of Different Growth Habits of *Phaseolus Vulgaris* L. Cali, Columbia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Soureshjani HK, Nezami A, Kafi M, Tadayon M (2019) Responses of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to deficit irrigation. **Agricultural Water Management** 213:270-279.

Souter JR, Gurusamy V, Porch TG, Bett KE (2017) Successful Introgression of Abiotic Stress Tolerance from Wild Tepary Bean to Common Bean. **Crop Science** 57:1160-1171.

Souza JVRS, Saad JCC, Sanchez RM, Rodriguez SL (2016) No till and direct seeding agriculture in irrigated bean: Effect of incorporating crop residues on soil water availability and retention, and yield. **Agricultural Water Management** 170:158-166.

Souza LGM, Parente TL, Lazarini E, Bossolani JW, Caioni S (2018) Regulador de crescimento e densidade populacional na cultura do amendoim rasteiro. **Nucleus** 15:217-225.

Souza RS, Wander AE (2014) Aspectos econômicos da produção de feijão no Brasil. **Revista de Política Agrícola** 23:43-54.

Spann TM, Little HA (2011) Applications of a Commercial Extract of the Brown Seaweed *Ascophyllum nodosum* Increases Drought Tolerance in Containergrown 'Hamlin' Sweet Orange Nursery Trees. **Hortscience** 46:577-582.

Sun S, Li C, Paterson AH, Jiang Y, Xu R, Robertson JS, Snider JL, Chee PW (2018) In-field high throughput phenotyping and cotton plant growth analysis using LiDAR. **Frontiers in Plant Science** 9:16.

Taiz L, Zeiger E (2017) Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Porto Alegre: ArtMed, 888 p.

Tangolar S, Tangolar S, Topçu S (2015) Effects of different bud loads and irrigations applied at different leaf water potential levels on Kalecik Karasi grape variety. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry** 39:887–897.

Teixeira GCM, Santos MAP, Miranda DR, Teles NC, Oliveira RM (2015) Influência do ácido giberélico (AG3) no desenvolvimento inicial de plantas de feijão-caupi. In: 6ª Jornada de Iniciação Científica – Instituto Federal do Tocantins.

Teran JCBM, Konzen ER, Palkovic A, Tsai SM, Rao IM, Beebe S, Gepts P (2019) Effect of drought stress on the genetic architecture of photosynthate allocation and remobilization in pods of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), a key species for food security. **BMC Plant Biology** 19:171.

Van Oosten MJ, Pepe O, De Pascale S, Silletti S, Maggio A (2017) The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture** 4:1-12.

Vilhordo BW, Mikusinski OMF, Burin ME, Gandolfi VH (1996) Morfologia. In: ARAUJO, R.S. et al. (Eds.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Potafós, p.71-99.

Wafula EN, Wainaina IN, Buvé C, Nguyen N, Kinyanjui PK, Saeys W, Sila DN, Hendrickx M (2020) Application of near-infrared spectroscopy to predict the cooking times of aged common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food and Engineering** 284:110056.

Wakrim R, Wahbi S, Tahi H, Aganchich B, Serraj R (2005) Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agriculture Ecosystems & Environment** 106:275–287.

Wang M, Chen Y, Zhang R, Wang W, Zhao X, Du Y, Yin H (2015) Effects of chitosan oligosaccharides on the yield components and production quality of different wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) in Northwest China. **Field Crops Research** 172,11–20.

Ward JH (1963) Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association** 58:236–244.

Weiss D, Ori N (2007) Mechanisms of cross talk between gibberellin and other hormones. **Plant Physiology** 144:1240-1246.

WRI. World Resources Institute (2015). Disponível em:<<http://www.wri.org/our-work/topics/water>>.

Wutke EB, Arruda FB, Fancelli AL, Pereira JCVNA, Sakai E, Fujiwara M, Ambrosano GMB (2000) Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 24:621-33.

Yakhin OI, Lubyantsov AA, Yakhin IA, Brown PH (2017) Biostimulants in plant science: A global Perspective. **Frontiers in Plant Science** 7:2049.

Yonts CD, Haghverdi A, Reichert DL, Irmak S (2018) Deficit irrigation and surface residue cover effects on dry bean yield, in-season soil water content and irrigation water use efficiency in western Nebraska high plains. **Agricultural Water Management** 199:138-147.

Ziosi V, Zandoli R, Di Nardo A, Biondi S, Antognoni F, Calandriello F (2012) Biological activity of different botanical extracts as evaluated by means of an array of in vitro and in vivo bioassays. **Acta Horticultrae** 1009:61-66.

Zhang CP, He P, Li Y, Li YC, Yao HK, Duan JY, Hu SJ, Zhou H Li S (2016) Exogenous diethyl aminoethyl hexanoate, a plant growth regulator, highly improved the salinity tolerance of important medicinal plant *Cassia obtusifolia* L. **Journal of Plant Growth Regulation** 35:330-344.

Zhang YT, Liu J, Wang HY, Lei QL, Liu HB, Zhai LM, Ren TZ, Zhang JZ (2018) Suitability of the DNDC model to simulate yield production and nitrogen uptake for maize and soybean intercropping in the North China Plain. **Journal of Integrative Agriculture** 17:2790- 2801.

Zhao W, Liu L, Shen Q, Yang J, Han X, Tian F, Wu J (2020) Effects of water stress on photosynthesis, yield, and water use efficiency in winter wheat. **Water** 12:2127.

Zhou R, Hyldgaard B, Yu X, Rosenqvist E, Ugarte RM, Yu S, Wu Z, Ottose CO, Zhao T (2018) Phenotyping of faba beans (*Vicia faba* L.) under cold and heat stresses using chlorophyll fluorescence. **Euphytica** 214:68.