

ANÁLISES FISIOLÓGICAS DE CAFEIEIRO EM RESPOSTA À APLICAÇÃO PREVENTIVA DE TRIAZÓIS EM PLANTAS INFECTADAS COM FERRUGEM

Tatiane Paulino da Cruz¹; Waldir Cintra de Jesus Junior²; Adilson Vidal Costa³; Vagner Tebaldi de Queiroz³; Atháise Ferreira Lima⁴; Mariana Duarte Silva Fonseca³

1 Professora Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Manhuaçu-MG, agronomapaulino@gmail.com

2 Professor Universidade federal de São Carlos, São Carlos-SP, wcintra@yahoo.com

3 Professor Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES, avcosta@hotmail.com, vagnertq@gmail.com

4 Bolsista CNPq, athaisef@hotmail.com

RESUMO: Em virtude do sério problema que *Hemileia vastatrix* representa para a cafeicultura, objetivou-se verificar a resposta fisiológica do cafeeiro a aplicação de novas moléculas de triazóis sintetizadas a partir do glicerol. As sínteses dos compostos utilizados foram obtidos pela utilização da “reação de Click”, por meio de transformações de grupos funcionais do material de partida, o glicerol. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação climatizada com temperatura média de 25°C, foram utilizadas mudas de cafeeiro conilon vitória clone 12, as mudas foram pulverizadas com as novas moléculas, após 24 horas da aplicação as mudas foram inoculadas com suspensão de 5×10^4 uredíniosporos/mL de *H. vastatrix*, o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em um esquema fatorial 4 fungicidas x 5 concentrações. Os resultados indicam que as novas moléculas de triazóis proporcionou maiores valores das variáveis fisiológicas como fotossíntese, condutância estomática quando comparados com a testemunha, já a taxa de clorofila, concentração interna de CO₂ e transpiração não variou. Conclui-se que as novas moléculas não apresentaram sintomas de fitotoxicidade para plantas de cafeeiro, indicando que as moléculas têm grande potencial para uso no campo.

PALAVRAS-CHAVE: Triazóis; fungicidas; Fisiologia, Conilon.

COFFEE PHYSIOLOGICAL ANALYSIS IN RESPONSE TO THE PREVENTIVE APPLICATION OF TREAZOLS IN RUST INFECTED PLANTS

ABSTRACT: Due to the serious problem that *Hemileia vastatrix* poses for coffee growing, the objective was to verify the physiological response of coffee plants to the application of new triazole molecules synthesized from glycerol. The syntheses of the compounds used were obtained by the use of the "Click reaction", through transformations of functional groups of the starting material, glycerol. The experiment was conducted in a greenhouse with an average temperature of 25°C. Conilon Vitória clone 12 coffee seedlings were used. The seedlings were sprayed with the new molecules. of *H. vastatrix*, the design was completely randomized (DIC) in a factorial scheme 4 fungicides x 5 concentrations. The results indicate that the new triazole molecules provided higher values of physiological variables such as photosynthesis, stomatal conductance when compared to the control, whereas the chlorophyll rate, internal CO₂ concentration did not vary. It was concluded that the new molecules did not show phytotoxicity symptoms for coffee plants, indicating that the molecules have great potential for use in the field.

KEY WORDS: Triazoles; fungicides; Physiology, Conilon.

INTRODUÇÃO

A produção e exportação brasileira de café ocupam o primeiro lugar no ranking mundial, no ano-base de 2017/18 a exportação atingiu 21.997 sacas de café beneficiado, sua produção chegou a 56.145 sacas de café beneficiado e uma área de aproximadamente 2.168,6 mil hectares (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION, 2019).

No processo fisiológico do cafeeiro a fotossíntese é um processo essencial para o seu desenvolvimento, é através dela que ocorre a ligação entre o ambiente externo e interno da planta, é o momento em que ocorre a assimilação de CO₂ externo e a transformação em compostos elaborados para a formação de energia para o seu desenvolvimento. Plantas C3, como o cafeeiro, têm o ponto de compensação do CO₂ mais elevado, indicador de maior capacidade de se beneficiar dos aumentos atuais nas concentrações do CO₂ na atmosfera (LARCHER, 2013). Plantas podem respirar mais de 50% da produtividade fotossintética diária, e muitos fatores podem afetar a taxa respiratória, como a natureza e a idade do tecido vegetal, assim como fatores ambientais, como a luz, a concentração de oxigênio, a temperatura e a concentração de CO₂ (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Pesquisas dos efeitos fisiológicos causados por fungicidas que afetam ferrugens não são frequentes. As moléculas de triazol conseguem aumentar o nível do hormônio citocinina no qual é responsável pela diferenciação celular, devido a essa característica ocorre uma aceleração da diferenciação dos cloroplastos e estimulando a biossíntese de clorofila nas plantas (JALEEL et al., 2008). A clorofila é um pigmento presente na planta de grande importância, pois tem a função

de converter a radiação luminosa em energia química, na qual é disposta na forma de ATP e NADPH, este pigmento ainda está relacionada com a eficiência fotossintética das plantas (STREIT et al. 2005).

Alguns autores ao estudar o efeito dos triazóis nas plantas em teste in vitro e em mudas colocadas em casa de vegetação, relatam que as moléculas do grupo triazóis, conseguem atuar nas rotas de regulação do crescimento e da maturação das plantas, os triazóis promovem a inibição da atividade da enzima sintase ACC (ácido 1-aminocloropropano-1- carboxílico) na qual tem a função de converter o ACC em etileno, ele provoca desbalanço do ácido giberélico, promovendo a inibição da sua biossíntese, interfere também no ácido abscísico e citocininas (RADEMACHER, 2000; HAJIHASHEMI et al., 2007; SANKAR et al., 2014).

De acordo com Matiello et al. (1997), o uso de fungicidas triazóis como o triadimenol aplicados via solo para o controle da ferrugem, promove um acréscimo no vigor dos cafezais, de acordo com os autores o fungicida possui a capacidade de aumentar significativamente o tamanho do sistema radicular do cafeeiro e por consequência ocorre uma maior absorção de nutrientes, o que acarreta em um melhor desenvolvimento da parte aérea e aumento de vigor.

A ferrugem do cafeeiro é uma doença que reduz significativamente a capacidade das folhas de fixar CO₂ que é um composto necessário para a formação de açúcares, na qual será uma molécula muito requerida na fase reprodutiva das plantas (RIBOU et al., 2013).

A infecção por agentes patogênicos em plantas como a ferrugem pode afetar a taxa de fotossíntese e o metabolismo de carboidratos. Quando a ferrugem coloniza os tecidos do cafeeiro ocorre danos severos no Fotossistema II (PSII), o qual é responsável pela produção de ATP e NADPH que são usados no processo de fixação de CO₂, biossíntese de carboidratos e ácidos nucleicos, uma vez que essa rota é interrompida todos esses compostos terão sua produção reduzida e com isso ocorre também um menor desenvolvimento da planta (VOEGELE et al., 2009, MAJOR et al., 2010).

Com a preocupação da sustentabilidade da produção agrícola surge novas vertentes para o manejo da ferrugem, sendo uma delas a produção de novas moléculas de triazóis. O surgimento destas novas moléculas de substâncias abre possibilidades na proteção de plantas, viabilizando a redução de resistências de fitopatógenos aos ingredientes ativos, visto que haverá um número maior de produtos para fazer a rotação de ingrediente ativo, aumentando o potencial de sua eficiência através do uso de misturas ou programas de aplicação.

Com o aumento do consumo de combustível e maior demanda de biodiesel para a utilização em misturas com diesel fóssil ocorre um aumento na produção de resíduos e de coprodutos, o aproveitamento desses resíduos é de extrema importância econômica e ambiental (MOTA e PESTANA, 2011). Uma grande preocupação é que o excesso de glicerol produzido, altamente poluidor, possa ser destinado de maneira incorreta no meio ambiente (COSTA, 2008). Diante do exposto, pesquisas estão sendo desenvolvidas voltadas a dar um destino correto a esse volume excedente de glicerol. Desta forma, uma aplicação promissora deste álcool seria utilizá-lo como matéria-prima para a produção de novas moléculas de triazóis.

Diante do exposto e em virtude do sério problema que as moléculas químicas podem proporcionar, objetivou-se verificar a reação fisiológica à aplicação preventiva de triazóis em plantas infectadas com ferrugem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e das Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE/UFES), localizados respectivamente em Alegre e Jerônimo Monteiro, ES.

As sínteses dos compostos utilizados foram realizadas nos Laboratórios de Fitoquímicos e Síntese de Novos Compostos do NUDEMAFI do CCAUE-UFES, situados em Alegre, ES.

Os triazóis foram obtidos através da utilização da “reação de Click”, por meio de transformações de grupos funcionais do material de partida, o glicerol.

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação com mudas do clone 12 (CV12) da variedade clonal ‘Conilon Vitória’, conforme metodologia adaptada de Pierozzi (2013). Mudas do respectivo clone foram transplantadas para sacolas com capacidade de 10 litros, contendo substrato composto pela mistura de terra de barranco peneirada, areia e esterco na proporção de 3:1:1. A partir da emissão de novas folhas as mudas foram pulverizadas com os diferentes triazóis, correspondentes aos respectivos tratamentos. A pulverização das mudas foi realizada utilizando-se borrifadores manuais e para a comprovação da uniformidade de cobertura das gotas foi realizado o teste com papel hidrossensível de acordo com as instruções do fabricante. Decorridos 24 horas da pulverização as mudas foram inoculadas com uma suspensão de 5×10^4 uredíniosporos de *H. vastatrix*/mL. Após a inoculação as mudas foram cobertas com saco plástico escuro para manter a umidade elevada e então levadas para uma câmara do tipo *Phytotron* à temperatura de $22 \pm 1,1$ °C e umidade relativa de $84,5 \pm 3\%$, após decorrer um período de 48 horas no escuro, as mudas foram retiradas do *Phytotron* e levadas à casa de vegetação onde foram mantidas até o término do experimento. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em um esquema fatorial 4 fungicidas (2, 8, 9, 10) x 5 concentrações (0, 100, 200, 300, 400 ppm), com cinco repetições. Cada repetição foi composta por muda.

Os teores de clorofila foram obtidos aos 65 dias após a inoculação (d.a.i.) por meio da avaliação do terceiro par de folhas no terço superior de cada planta, em 5 repetições por tratamento, com o aparelho Clorofilog. A avaliação de

trocas gasosas também foi realizada aos 65 d.a.i., sendo quantificada a taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs) e concentração intercelular de CO₂ (Ci) com o auxílio de um analisador de gás a infravermelho portátil – IRGA (marca Li-COR, modelo Li 6400), com intensidade luminosa de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e concentração externa de CO₂ de 377 ± 8 ppm. A avaliação foi feita entre 7 e 10 horas do dia, em uma folha do terceiro par de folhas de cada planta.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As variáveis significativas no teste F da análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade e regressão, com o auxílio do programa estatístico R.

RESULTADO E DISCUSSÃO

As novas moléculas de triazóis quando aplicadas em mudas de cafeeiro não causou problemas de fitoxidez mesmo com o aumento da concentração, o que é um fato interessante, visto que essas possuem um potencial fúngico para utilização no controle da ferrugem do cafeeiro. Sintomas variados que poderiam indicar fitoxidez como, por exemplo, enrugamento das folhas, mancha foliar, redução de internódios, necrose e epinastia foliar, bronzeamento e nanismo, baixo teor de fotossíntese e condutância estomática não foram observados no presente trabalho

Com relação aos valores de clorofila observa-se que não houve diferença significativa entre as novas moléculas testadas e o fungicida comercial (Tabela 1). No presente trabalho observa-se que os tratamentos não causaram efeito negativo sobre essa molécula, de modo que a eficiência fotossintética da planta não foi comprometida. Tal fato novamente demonstra que as novas moléculas são promissoras para serem utilizadas no manejo da ferrugem do cafeeiro. Essas características valorizam os triazóis inéditos testados, uma vez que esses atributos são desejados com a aplicação de fungicida.

Tabela 1: Valores médios de clorofila, fotossíntese líquida, condutância estomática, concentração interna de CO₂ e transpiração em plantas de café conilon.

Concentração Triazol	0	100	200	300	400
Valores médios do teor de clorofila					
2	4,05a	6,61a	6,39a	6,62a	6,53a
9	4,05a	6,54a	6,44a	6,49a	6,26a
8	4,05a	6,27a	6,60a	6,47a	5,90a
10	4,05a	6,00a	6,45a	6,4a	6,18a
FC*	4,29a	6,29a	6,29a	6,29a	6,29a
Valores médios de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)					
2	2,39a	4,57a	8,18a	7,58a	7,58a
9	2,39a	3,67b	8,92a	8,71a	8,26a
8	2,39a	8,89a	10,15a	8,14a	9,84b
10	2,39a	2,33b	5,17b	7,08a	7,08a
FC	2,39a	8,15a	8,15a	8,15a	8,15a
Valores médios de condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)					
2	0,03a	0,045a	0,041a	0,048a	0,06a
9	0,03a	0,029a	0,085a	0,061a	0,066a
8	0,03a	0,051a	0,068a	0,049a	0,064a
10	0,03a	0,076a	0,055a	0,097a	0,079a
FC*	0,03a	0,048a	0,048a	0,048a	0,048a
Valores médios de concentração interna de CO₂ ($\text{mol.m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)					
2	207,44a	196,80b	230,17a	203,34a	233,00a
9	207,44a	208,89a	211,94a	184,55b	241,62a
8	207,44a	190,67b	212,06a	215,85a	210,54a
10	207,44a	211,06a	221,28a	229,49a	232,57a
FC*	207,44a	162,26b	162,26c	162,26b	162,26b
Valores médios da taxa de transpiração ($\mu\text{mol.m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)					
2	1,09a	1,07a	0,83a	1,22a	1,26a
9	1,09a	0,66a	1,51a	1,16a	1,29a
8	1,09a	0,80a	1,38a	1,14a	1,19a
10	1,09a	1,36a	1,11a	1,16a	1,14a
FC*	1,09a	0,94a	0,94a	0,94a	0,94a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Scott Knott. *Fungicida comercial

Lopes et al. (2014) e Androcioni et al. (2012) observaram que a utilização de fungicidas do grupo dos triazóis promoveu o controle da ferrugem e cercosporiose, além de elevar a produtividade de grãos, fator esse que os autores atribuíram a preservação das folhas dos cafeeiros. Os dados obtidos no presente estudo estão de acordo com os gerados pelos referidos autores.

De acordo com Matiello et al. (1997), o uso de fungicidas triazóis aplicados via solo promovem acréscimo no vigor dos cafezais. Segundo os autores tais fungicidas possuem a capacidade de aumentar significativamente o tamanho do sistema radicular do cafeeiro e por consequência ocorre maior absorção de nutrientes, o que acarreta em melhor desenvolvimento da parte aérea e aumento de vigor.

Para a variável fotossíntese líquida observa-se que as plantas dos tratamentos que receberam aplicação dos triazóis tiveram incremento significativo nos valores em relação às plantas não tratadas. As novas moléculas de triazóis foram eficientes no controle da ferrugem e proporcionou maiores valores da fotossíntese, outro fator a ser considerado é que essas moléculas também não afetou a fotossíntese das plantas, demonstrando que não foi tóxica para as plantas.

As plantas nas quais foram administrados os tratamentos observa-se que maior taxa fotossintética, levando em consideração que a área lesionada, observa-se que nos tratamentos com menor área lesionada, a fotossíntese foi maior, fato esse já esperado devido a conservação da área fotossintética.

A infecção por patógenos como a ferrugem pode afetar a taxa de fotossíntese e o metabolismo de carboidratos. Quando a ferrugem coloniza os tecidos do cafeeiro ocorre danos severos no Fotossistema II (PSII), o qual é responsável pela produção de ATP e NAPH que são usados no processo de fixação de CO₂, biossíntese de carboidratos e ácidos nucleicos. Com o processo infeccioso essa rota é interrompida e conseqüentemente a produção desses compostos será reduzida, o que pode causar menor desenvolvimento da planta (VOEGELE et al., 2009, MAJOR et al., 2010).

O cafeeiro possui baixos valores das taxas fotossintéticas (ARAÚJO et al., 2008; CHAVES et al., 2008; DaMATTa et al., 2008), sendo que os valores mais elevados registrados estão entre 7 e 12 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, entretanto, os valores mais frequentes estão em torno de 4 a 5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (DaMATTa et al., 2007). Deste modo, quando se compara o café arábica e o café Conilon com a maioria das plantas lenhosas a eficiência fotossintética dos mesmos é relativamente baixa (CANNELL, 1985). No presente trabalho os valores encontrados de fotossíntese estão dentro da média para a espécie, o que indica que as novas moléculas não seriam tóxicas para as mudas, proporcionando bom desenvolvimento das mesmas. Porém, para os triazóis 9 e 10 verificou-se valores abaixo da referência na menor concentração testada, fato ocorrido devido a maior severidade da doença. Porém, à medida que aumenta a concentração da molécula ocorre redução da severidade da doença e conseqüentemente aumento do valor da fotossíntese líquida.

Segundo Castro (2006) o aumento do vigor e produção das plantas (efeito tônico) estariam relacionados com as respostas as proteínas e a biossíntese hormonal.

Os valores de condutância estomática oscilaram na faixa de 0,03 $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nas mudas que não receberam aplicação dos triazóis (Tabela 1), já nas mudas que foram aplicados os triazóis os valores oscilaram de 0,04 a 0,09 $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. De acordo com DaMatta (1997) os valores para café conilon em cultivo a pleno sol estaria na faixa de 0,16 a 0,73 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. O autor ainda observou que ocorreu decréscimo da condutância estomática em épocas frias quando comparada com o verão, e a intensidade foi maior em *C. arabica* L. cv. Catuaí do que em *C. canephora* Pierre cv. Conilon.

A condutância estomática está diretamente relacionada com a disponibilidade de água para a planta e abertura e fechamento de estômatos, como as mudas estavam sobre condições ideais de hidratação não houve diferença significativa entre os tratamentos. Os resultados encontrados demonstram que as novas moléculas não afetou a condutância estomática, ou seja, apresentou valores semelhantes ao fungicida comercial.

Com relação a concentração interna de CO₂, observa-se que houve uma diferença significativa entre os tratamentos. O fungicida comercial foi o que apresentou menor valor, esse fato pode ser explicado pelo melhor eficiência na utilização do CO₂ no ciclo de Calvin.

Quanto a transpiração não houve diferença significativa entre os tratamentos testados. Para muitas espécies cultivadas em estufas como foi feito no presente trabalho, e sob condições ótimas de nutrientes e água, ocorre um aumento na produtividade devido a uma maior concentração do dióxido de carbono em relação aos níveis atmosféricos naturais (TAIZ e ZEIGER, 2013). Muitos fatores podem afetar a taxa respiratória, como a natureza e a idade do tecido vegetal, assim como fatores ambientais, como a luz, a concentração de oxigênio, a temperatura e a concentração de CO₂ (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O declínio de transpiração está associado ao fechamento dos estômatos, e variações na abertura estomática causam alterações no potencial hídrico (BRODRIBB e HILL, 2000).

Diante do exposto podemos perceber a importância dos estudos dos efeitos dos fungicidas, pois levam a uma melhor elucidção do comportamento que a planta pode apresentar e também a compreensão do impactos que esses produtos podem provocar nos mecanismos de defesa contra os fitopatógenos.

CONCLUSÕES

1 - Os triazóis inéditos não afetaram as variáveis fisiológicas das plantas de cafeeiro, ou seja, não causaram fitotoxicidade às plantas.

2 - A utilização dessas novas moléculas auxiliou na maior eficiência fisiológica das plantas.

3 - Esses novos fungicidas são promissores para serem utilizados no manejo da ferrugem do cafeeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDROCIOLI, H.G.; MENEZES JUNIOR, A. De O.; HOSHINO, A.T.; ANDROCIOLI, L.G. Produtos alternativos no controle da *Hemileia vastatrix* (Berkeley & Broome) e *Cercospora coffeicola* (Berkeley & Cooke) em cafeeiros. *Coffee Science*, v.7, p.187-197, 2012.
- BRODRIBB, T. J.; HILL, R. S. Increases in water potential gradient reduce xylem conductivity in whole plants. Evidence from a low-pressure conductivity method. *Plant Physiol.*, v. 123, n. 3, p. 1021-1028, 2000.
- CANNELL MG (1985) Fisiologia da cultura do café. Em: Clifford MN, Willson KC (eds), *Café - Botânica, Bioquímica e Produção de Feijão e Bebida*, pp.108-134. Crom Helm, Londres.
- CASTRO, P. R. C. Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical. Piracicaba: ESALQ/Divisão de Biblioteca e Documentação, 2006. 46 p
- Costa, R., 2008. Glicerina: o tamanho do problema. *Biodiesel br*, v.1, n.3. Paraná, 16-20. AMICONE, J. Fungicide resistance management. Oklahoma: Oklahoma State University, 2004. Disponível em: <<http://pods.dasn.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2317/F-7663web.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2014.
- DAMATTA, F.M.; RONCHI, C.P.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Coffee: environment and crop physiology. In: DaMatta FM (Ed.). *Ecophysiology of Tropical Tree Crops*. Nova Science Publishers, Inc, New York, p.181-216. 2010.
- HAJIHASHEMI, S. et al. Exogenously applied paclobutrazol modulates growth in saltstressed wheat plants. *Plant Growth Regulation*, Dordrecht, v. 53; n. 2, p. 117-128, 2007.
- INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. 2019. Disponível em: < <http://www.ico.org/>>. Acesso em 17 de Jun. de 2019.
- JALEEL CA, GOPI R, PANNEERSELVAM R. (2008) Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of *Catharanthus roseus* to triadimefon treatment. *Comptes Rendus Biologie* 331:272-277.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, RiMa, 2000.
- LOPES, U. P. et al. Silicon and triadimenol for the management of coffee leaf rust. *Journal of Phytopathology*, Berlin, v. 162, n. 2, p. 124-128, 2014.
- MAJOR J, Lehmann J, Rondon M, Goodale C (2010) Fate of soil-applied black carbon: downward migration, leaching and soil respiration. *Glob Chang Biol* 16:1366–1379.
- MATIELLO, J.B.; ALMEIDA, S.R. Variedades de café – como escolher, como plantar. *Boletim Técnico MA/PROCAFÉ*, 1997, 64p.
- MOTA, C. J. A.; PESTANA, C. F. M. Co-produtos da Produção de Biodiesel. *Rev. Virtual Quim.* V. 3, No. 5, p. 416-425, 2011.
- RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v. 51, p. 501-531, 2000.
- RIBOU SB, DOUAM F, HAMANT O, FROHLICH MW, NEGRUTIU I. (2013) Plant science and agricultural productivity: Why are we hitting the yield ceiling. *Plant Science* 210:159-176.
- SANKAR, B. et al. Variation in growth of peanut plants under drought stress condition and in combination with paclobutrazol and abscisic acid. *Current Botany, Kerala*, v. 5, n.1, p. 14-21, 2014.
- STREIT, N. M., CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755. 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.
- VOEGELE RT, Hahn M, Mendgen K. (2009) The Uredinales: cytology, biochemistry, and molecular biology. In: Deising HB (ed) and Esser K (Ser ed) *Plant relationships. The Mycota*, vol. 5. 2nd ed.