



CRESCIMENTO E TEORES DE PIGMENTOS DE GIRASSOL SOB DOSES DE CHUMBO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Claudia Brito de Abreu¹; Bárbara Lima do Sacramento²; Katia Núbia Azevedo Barros Mota¹; André Dias de Azevedo Neto³.

¹ Mestranda em Solos e Qualidade dos Ecossistemas do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas – BA- Brasil, CEP: 44380-000 (claudia01abreu@yahoo.com.br)

² Graduanda em Bacharelado em Biologia do Centro de Ciência Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

³ Professor Doutor do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Brasil

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

O aumento da degradação e contaminação do meio ambiente tem como princípio o uso intenso e inadequado de fertilizantes e pesticidas no solo, como também as atividades industriais e de mineração. O girassol destaca-se como a quarta oleaginosa em produção de grãos e a quinta em área cultivada no mundo. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do chumbo sobre a produção de biomassa e teores de pigmentos na cultura do girassol. Assim, plantas de girassol foram cultivadas por 16 dias em cinco doses de chumbo na solução nutritiva (0; 0,2; 0,4; 0,6 ou 0,8 mM $Pb(NO_3)_2$, com quatro repetições. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação. O chumbo na solução nutritiva reduziu o crescimento do girassol apenas no nível 0,8 mM. Assim, foram observadas reduções na MSF, MSC, MSR, MSPA e MST de 74, 84, 85, 78 e 80%, respectivamente. O estresse por chumbo reduziu progressivamente os teores de todos os pigmentos de forma que em 0,8 mM de Pb foram verificadas reduções de 43, 50, 36 e 45% nos teores de Cla, Clb, Car e Clt, respectivamente. Os dados indicam que o girassol apresenta tolerância à toxidez por chumbo até 0,6 mM Pb na solução nutritiva e que a redução dos teores de pigmentos pode, ao menos em parte, explicar a redução do crescimento do girassol sob estresse por Pb.

PALAVRAS-CHAVE: biomassa, fotossíntese, *Helianthus annuus* L., metais pesados.

GROWTH AND YIELD OF PIGMENTS IN SUNFLOWER DOSES OF LEAD IN NUTRIENT SOLUTION

ABSTRACT

Increased degradation and contamination of the environment has the principle intense and inappropriate use of fertilizers and pesticides in the soil, as well as industrial and mining activities. The sunflower stands out as the fourth oilseed grain production and fifth in the world in cultivated area. The aim of this study was to

evaluate the effect of lead on the production of biomass and pigment content in sunflower cultivation. Thus, sunflower plants were grown for 16 days in five doses of lead in nutrient solution (0; 0,2; 0,4; 0,6 or 0,8 mM $Pb(NO_3)_2$, with four replications. The experiment was conducted in a completely randomized design in a greenhouse. The lead in nutrient solution reduced the growth of sunflower only 0,8 mM level. Accordingly, reductions were observed in MSF, MSC, MSR, MSPA and MST of 74, 84, 85, 78 and 80%, respectively. Stress lead progressively reduced concentration of all dyes so that 0,8 mM Pb 43, 50, 36 and 45% in the concentration of Cla Clb, reductions were observed Car and Clt, respectively. The data indicate that sunflower is tolerant to the toxicity of lead to 0,6 mM Pb in the nutrient solution and the reduction of the levels of pigments can, at least in part, explain the reduction in growth of sunflower under stress by Pb.

KEYWORDS: *Helianthus annuus* L., biomass, photosynthesis, heavy metals.

INTRODUÇÃO

O aumento da degradação do meio ambiente tem como princípio o uso intensivo e inadequado de fertilizantes e pesticidas no solo, atrelado ao aumento das atividades industriais e de mineração. Essas práticas destacam-se como os principais responsáveis pela contaminação do solo, cursos de água e lençol freático por metais pesados (MALAVOLTA, 1994).

No Brasil existem várias áreas contaminadas com chumbo refletindo sobre a saúde da população local. Dentre essas áreas está o município de Santo Amaro da Purificação-BA, onde se encontram antigas instalações da empresa Plumbum, sendo constatada alta contaminação por chumbo em boa parte da população, no solo e nos sedimentos do rio Subaé (KEDE et al., 2008).

É de grande relevância entender o comportamento e as interações dos metais pesados com os constituintes do solo, como também sua mobilização e estabilidade frente às mudanças físico-químicas (SHEPPARD & THIBAUT, 1992).

Em baixas concentrações, os metais tóxicos, são encontrados no solo como resultado do intemperismo e de outros processos pedogenéticos. Dentre os metais tóxicos, o chumbo merece atenção devido a suas características toxicológicas e a seu tempo de permanência nos solos. A toxicidade do Pb depende de sua forma química, ou seja, de sua especiação química, que está intimamente relacionada à sua biodisponibilidade. Assim, diferentes espécies químicas do chumbo podem apresentar toxicidades diferentes e, normalmente, as formas mais solúveis são mais biodisponíveis (KEDE et al., 2008). O chumbo tende a se acumular superficialmente no solo, diminuindo sua concentração ao longo do perfil dessa forma, a zona de contaminação se encontra confinada na superfície (PETERS & SHEM, 1992).

Algumas técnicas visam diminuir ou amenizar o potencial de ação dos metais tóxicos sobre os ecossistemas. Entre essas técnicas está a fitorremediação, que consiste em utilizar espécies vegetais tolerantes à presença de metais tóxicos com potencial para remover, imobilizar ou tornar inofensivos os contaminantes presentes no solo e na água. A capacidade da biomassa das plantas em acumular altas concentrações de metais sem efeito prejudiciais ao seu crescimento enfatiza seu potencial em retirar metais de solos e da água (RASKING & ENSLEY, 2000).

Na exploração das culturas alimentares e econômicas é de grande importância a determinação e o conhecimento da toxicidade dos elementos químicos no solo, na planta e no homem (MACÊDO & MORRIL, 2008). Neste contexto,

destacamos a cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) que é uma dicotiledônea anual pertencente à família Compositae e originária do continente Norte Americano. Ela destaca-se como a quarta oleaginosa em produção de grãos e a quinta em área cultivada no mundo, devido à presença de características agrônômicas importantes, como tolerância a altas e baixas temperaturas e adaptação às diferentes condições edafoclimáticas (CASTRO et al., 1997).

A resposta das plantas à toxidez por metais pesados envolve alterações estruturais, fisiológicas e bioquímicas que dependem do tipo, da concentração do metal pesado e do tempo de exposição das plantas ao elemento estressante (MACÉDO & MORRIL, 2008). Quando os metais pesados estão presentes em excesso, eles tornam-se tóxicos e reduzem o crescimento de plantas (BHATTI et al., 2013).

SIDDIQUI (2012) reporta que a principal via de entrada do Pb na planta é através da absorção do solo. Apesar do chumbo não ser elemento essencial para as plantas, este é facilmente absorvido e acumulado em diferentes partes da planta. Sua absorção é regulada pelo pH, tamanho de partícula e capacidade de permuta catiônica dos solos bem como pela exsudação e outros parâmetros físico-químicos (AKINCI et al., 2010). Sendo assim, a identificação de espécies cultivadas tolerantes aos metais pesados se configura como uma alternativa importante do ponto de vista ambiental e econômico, pois pode permitir a recuperação de áreas contaminadas com geração de renda (SOUZA et al., 2011a).

Considerando o nível crescente de contaminação dos solos por metais tóxicos e a importância econômica do girassol, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do chumbo sobre a produção de biomassa e os teores de pigmentos na cultura do girassol.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas na UFRB, Campus de Cruz das Almas/BA no período de abril a maio de 2013.

Foram utilizadas plantas de girassol, genótipo Olisun-05. As mudas foram produzidas a partir de sementes, em copos plásticos de 200 mL, utilizando-se como substrato areia lavada irrigada diariamente com água destilada. Decorridos 12 dias da emergência, as plântulas foram transferidas para bacias plásticas contendo 12 L de solução nutritiva de HOAGLAD & ARNON (1950), à ½ força e sob aeração constante, onde permaneceram por cinco dias, para efeito de aclimatação.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado e os tratamentos foram constituídos de cinco doses de chumbo na solução nutritiva (0; 0,2; 0,4; 0,6 ou 8 mM $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \text{ L}^{-1}$), com quatro repetições. Os níveis das soluções foram completados diariamente com água destilada.

Após 16 dias de estresse, as plantas foram coletadas e separadas em folhas, caules e raízes. Em seguida, o material foi colocado em sacos de papel identificados e levados para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 h, para determinação das massas secas das folhas (MSF), caule (MSC) e raízes (MSR) em balança semi-analítica. A partir desses dados, foram calculadas as massas secas da parte aérea (MSPA), total (MST) e razão parte aérea/raiz (PA/R).

Para determinação dos teores das clorofilas *a* (Cl*a*) e *b* (Cl*b*) e de carotenóides (Car), amostras das folhas foram colocadas em etanol a 95%. Em seguida, foram

realizadas as leituras espectrofotométricas a 470, 649 e 664 nm, conforme metodologia descrita por LICHTENTHALER & BUSCHMANN (2001). A partir dos teores das clorofilas *a* e *b*, foram calculados os teores de clorofila total (Cl_t) e as razões Cl_a/Cl_b e clorofilas/carotenóides.

Os dados coletados foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e comparados através de suas médias e respectivos desvios-padrões, utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das variáveis que podem ser consideradas no que diz respeito ao efeito dos contaminantes do solo sobre o crescimento das plantas, a produção de biomassa tem sido considerada a mais importante SOUZA et al. (2011b). Assim, pode-se observar na (Figura 1) que a produção de massa seca em todas as partes das plantas de girassol permaneceu inalterada até a concentração 0,6 mM de Pb, indicando que o girassol é tolerante até essa concentração de Pb no meio de cultivo. Entretanto, ficou evidente uma redução abrupta do crescimento no nível 0,8 mM de Pb. Dessa forma, foram observadas reduções na MSF, MSC, MSR, MSPA e MST de 74, 84, 85, 78 e 80%, respectivamente, indicando que, para o girassol, o efeito fitotóxico do chumbo está situado em uma estreita faixa de concentração desse metal no meio radicular.

A raiz foi o órgão que apresentou a maior redução de massa seca induzida pelo estresse quando comparada aos demais órgãos da planta. A redução da massa seca das raízes pode ser atribuída à redução da respiração neste órgão causado pelo excesso de chumbo na planta (MERWE et al., 2009). Como os efeitos deletérios do Pb no crescimento do girassol foram mais pronunciados nas raízes, observa-se um aumento de 44% na razão parte aérea/raiz nas plantas submetidas a 0,8 mM de Pb na solução nutritiva.

Resultados semelhantes foram reportados por YONGSHENG et al. (2011) os quais concluíram que o Pb pode inibir o crescimento de plantas de chá. AKINCI et al. (2010) estudaram os efeitos do chumbo em tomate, verificando também redução da massa seca de folhas e raízes pelo aumento das concentrações de chumbo. Resultados reportados por LIMA et al. (2013) revelaram que o cultivo em solo contendo até 180 mg kg⁻¹ de Pb reduziu a produção de biomassa das partes das plantas de cenoura e quiabeiro, mas não afetou a da couve manteiga.

A redução no crescimento radicular pode afetar o crescimento de toda a planta por restringir a absorção de água e nutrientes (PEREIRA et al., 2013). Em concordância, LAMHAMDI et al. (2013), verificaram que a redução do crescimento em culturas de trigo e espinafre sob estresse por Pb foi devida à deficiência de macronutrientes induzida pela inibição de absorção.

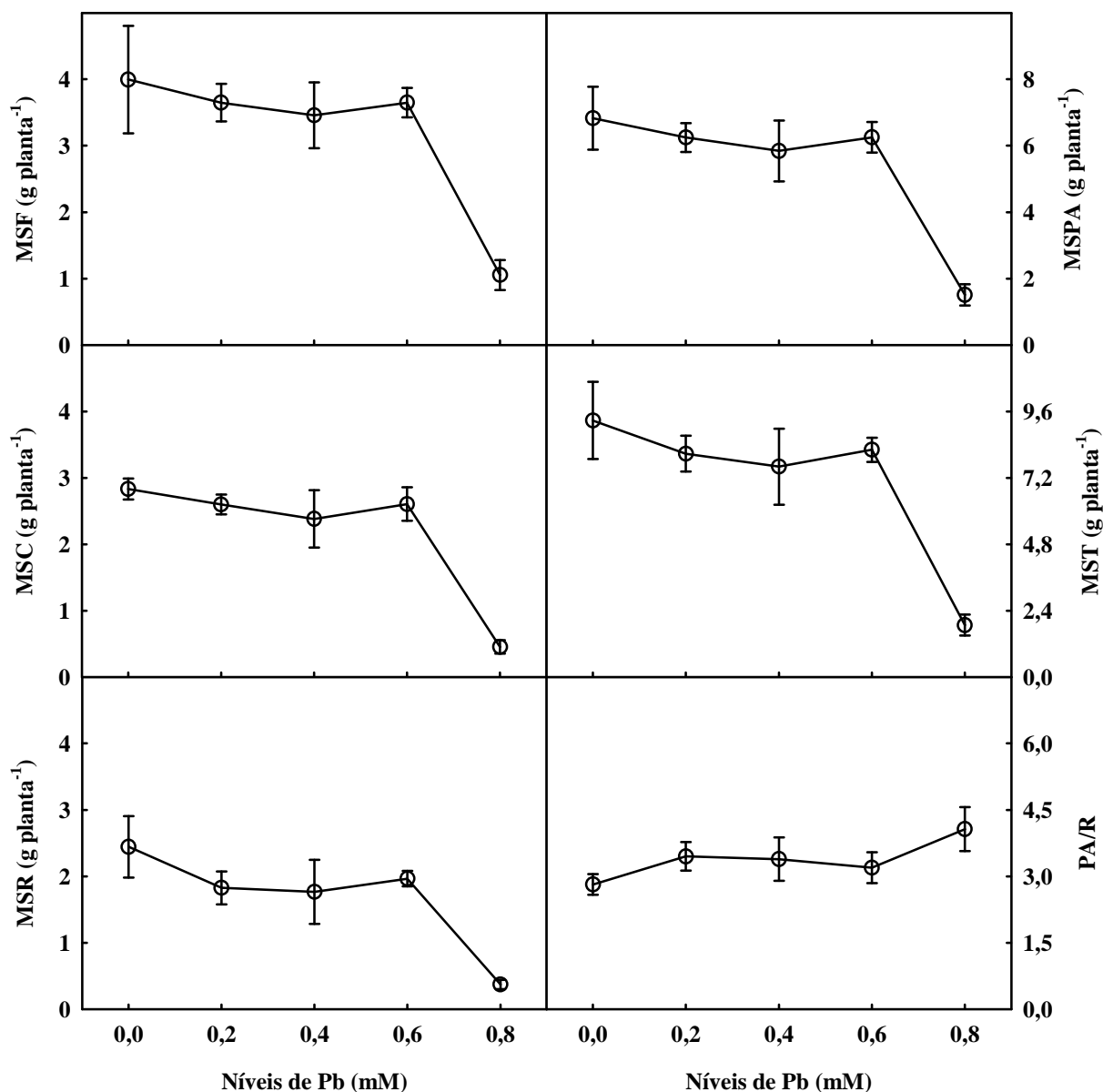


FIGURA 1: Produção das massas secas das folhas (MSF), caule (MSC), raízes (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST) e razão parte aérea/raiz (PA/R) de plantas de girassol após 16 dias de cultivo em casa de vegetação sob diferentes níveis de $Pb(NO_3)_2$ na solução nutritiva. Média de quatro repetições e respectivos desvios-padrões.

O incremento de Pb na solução nutritiva reduziu progressivamente os teores de todos os pigmentos no girassol (Figura 2). Dessa forma foram observadas reduções de 43, 50, 36 e 45% nos teores de *Cl_a*, *Cl_b*, *Car* e *Cl_t*, respectivamente.

A redução dos teores de pigmentos pode ser o resultado da inibição da sua biossíntese ou do aumento da sua degradação. A biossíntese de clorofila pode ser inibida na presença do chumbo, devido à interferência deste elemento na absorção de ferro e magnésio, elementos indispensáveis para a biossíntese dessas moléculas (DRAZKIEWICZ, 1994). Por outro lado, os estresses podem inibir a síntese do ácido 5-aminolevulínico, molécula precursora da clorofila, ou aumentar a atividade da

enzima clorofilase que degrada a clorofila (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Segundo SHARMA & DUBEY (2005) a fotossíntese é afetada negativamente pela toxicidade do Pb. Plantas expostas aos íons Pb mostram um declínio na taxa fotossintética como resultados da distorção da ultra-estrutura da clorofila, restrição da síntese de clorofila, plastoquinona e carotenóides, obstrução do transporte de elétrons e inibição das atividades das enzimas no ciclo de Calvin, bem como deficiência de CO₂ resultante do fechamento estomático. Dessa forma os dados deste trabalho sugerem que a redução dos teores de pigmentos pode, ao menos em parte, explicar a redução do crescimento do girassol sob estresse por Pb.

Os dados também mostram que o pigmento mais afetado pelo estresse por Pb foi a Clb e os menos afetados foram os Car, o que se reflete em um aumento de 15% na razão Cla/Clb e uma redução de 13% na razão clorofilas/carotenóides no nível 8 mM de Pb. Outros trabalhos reportam que o teor de Clb é mais afetado pelo estresse por metais que o teor de Cla, resultando em um aumento da relação Cla/Clb (VODNIK et al.,1999; XIONG et al., 2006). O aumento desta relação pode ser justificado pelo fato de que o primeiro passo na degradação da Clb é a sua conversão em Cla (HORIE et al.,2009; SHIMODA et al.,2012).

AKINCI et al. (2010) também verificaram em seu trabalho redução dos teores das clorofilas *a* e *b* em plantas de tomate pelo aumento dos níveis de chumbo. Em relação aos carotenóides, SOUZA et al. (2011b) não observaram alterações no teor destes pigmentos em *Stizolobium aterrimum* pela adição de doses crescentes de Pb associado a fungos micorrízicos ao solo. Neste trabalho, os teores de carotenóides foram menos afetados pelo estresse por Pb que os de clorofilas, indicando uma maior preservação do mecanismo de dissipação do excesso de energia luminosa. Estas moléculas também podem atuar como agentes antioxidantes protegendo os lipídios de membrana do estresse oxidativo gerado nas plantas sob estresse (AZEVEDO NETO et al., 2008; FALK & MUNNÉ-BOSCH, 2010).

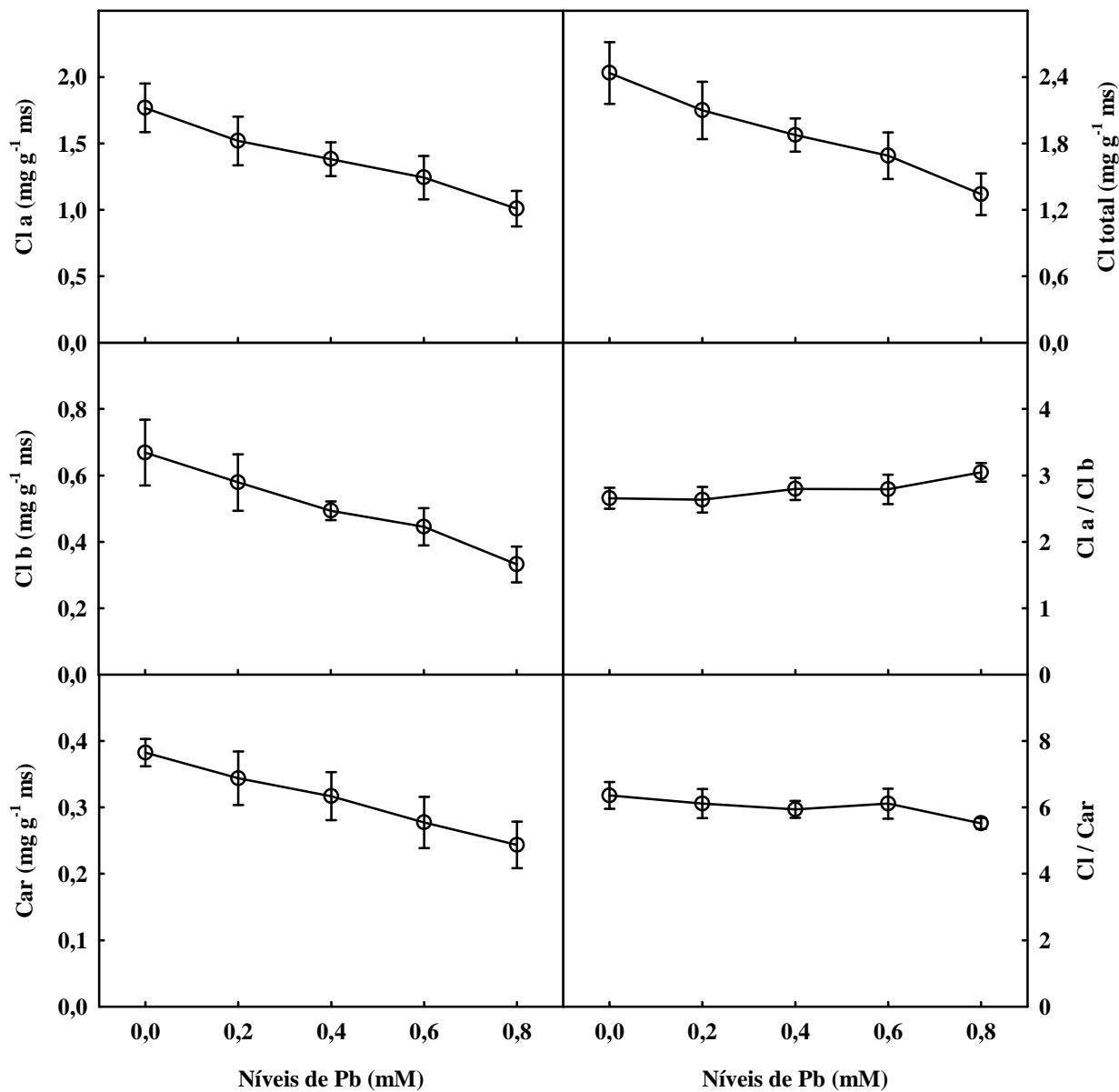


FIGURA 2: Teores de clorofila *a* (Cla), clorofila *b* (Clb), carotenóides (Car), clorofila total (Clt) e razões clorofila *a*/clorofila *b* (Cla/Clb) e clorofilas/carotenóides (Cl/Car) de plantas de girassol após 16 dias de cultivo em casa de vegetação sob diferentes níveis de Pb(NO₃)₂ na solução nutritiva. Média de quatro repetições e respectivos desvios-padrões.

CONCLUSÕES

O girassol apresenta tolerância à toxidez por chumbo até 0,6 mM Pb na solução nutritiva, podendo ser utilizado para cultivo em solos cuja contaminação por este metal pesado não exceda este limite. A redução dos teores de pigmentos pode, ao menos em parte, explicar a redução do crescimento do girassol sob estresse por Pb.

AGRADECIMENTOS

CAPES e à UFRB pelo apoio financeiro para realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AKINCI, I.E.; AKINCI, S.; YILMAZ, K. Response of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to lead toxicity: Growth, element uptake, chlorophyll and water content. **African Journal of Agricultural Research**, v.5, n.6, p.416-423, 2010.

AZEVEDO NETO, A.D.; GOMES-FILHO, E.; PRISCO, J.T. Salinity and oxidative stress. In: Khan, N.A. and Singh, S. (ed.) Abiotic stress and plant responses. **I K International**, New Delhi, India, p.57-82, 2008.

BHATTI, K.H.; ANWAR, S.; NAWAZ, K.; HUSSAIN, K.; SIDDIQI, E.H.; SHARIF, R.U.; TALAT, A.; KHALID, A. Effect of Heavy Metal Lead (Pb) Stress of Different Concentration on Wheat (*Triticum aestivum* L.). **Middle-East Journal of Scientific Research**, v.14, n.2, p.148-154, 2013.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.B.V.C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo. (Circular técnica, 13), 38p, 1997.

DRAZKIEWICZ, M. Chlorophyll-ocurrence, functions, mechanisms of action and external factors. **Photoynthetica**, v.30, p.321-331, 1994.

FALK, J.; MUNNÉ-BOSCH, S. Tocochromanol functions in plants: antioxidation and beyond. **Journal of Experimental Botany**, v.61, p.1549-1566, 2010.

FERREIRA, D.F. **SISVAR 4.6 sistema de análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2003.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water-cultured method for growing plants without soil**. California Agricultural Experiment Station, 32p, 1950.

HORIE, Y.; ITO, H.; KUSABA, M.; TANAKA, R.; TANAKA, A. Participation of Chlorophyll *b* Reductase in the Initial Step of the Degradation of Light-harvesting Chlorophyll *a/b*-Protein Complexes in *Arabidopsis*. **The Journal of Biological Chemistry**, v.284, n.26, p.17449-17456, 2009.

KEDE, M.L.F.; MOREIRA, J.; MAVROPOULOS, E.; ROSSI, A.M.; BERTOLINO, L.C.; PEREZ, D.V.; ROCHA, N.C.C. Estudo do comportamento do chumbo em latossolos brasileiros tratados com fosfatos: contribuições para a remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, v.31, n.3, p.579-584, 2008.

LAMHAMDI, M.; GALIOU, O.E.L.; BAKRIM, A.; NÓVOA-MUÑOZ, J.C.; ARIAS-ESTÉVES, M.; AARAB, A.; LAFONT, R. Effect of lead stress on mineral content and growth of wheat (*Triticum aestivum*) and spinach (*Spinacia oleracea*) seedlings. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.20, p.29-36, 2013.

LICHTENTHALER H. K.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, F.4.3.1-4.3.8, 2001.

LIMA, F.S.; NASCIMENTO, C.W.A.; ACCIOLY, A.M.A; SOUSA, C. SILVA; FILHO, F.F.C. Bioconcentração de chumbo e micronutrientes em hortaliças cultivadas em solo contaminado. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.2, p.234-241, 2013.

MACÊDO, L.S.; MORRIL, W.B.B. Origem e comportamento dos metais fitotóxicos: Revisão de Literatura. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.2, n.2, p.29-38, 2008.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados**: mitos, mistificação e fatos. São Paulo: Petroquímica, 1994, 153p.

MERWE, M.J.V.D.; OSORIO, S.; MORITZ, T.; NESI-NUNES, A.; FERNIE, A.R. Decreased mitochondrial activities of malate dehydrogenase and fumarase in tomato lead to altered root growth and architecture via diverse mechanisms. **Plant Physiology**, v.149, n.2, p.653-669, 2009.

PEREIRA, M.P.; PEREIRA, F.J.; RODRIGUES, L.C.A.; BARBOSA, S.; CASTRO, E.M. Fitotoxicidade do chumbo na germinação e crescimento inicial de alface em função da anatomia radicular e ciclo celular. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.7,n.1, p.36-43, 2013.

PETERS, R.W.; SHEM, L. **Treatment of Soil Contaminated with heavy metals**. In: Metal speciation and contamination of soil. 1995. p.358.

RASKING, I.; ENSLEY, B. Phytoremediation of toxic metals – using plants to clean up the environment. **Plant Science**, v.160, p.1073-1075, 2000.

SHARMA, P.; DUBEY, R.S. Lead toxicity in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, n.1, p. 35-52, 2005.

SHEPPARD, M.I.; THIBAUT, D.H. Desorption and extraction of selected heavy metal from soils. **Soil Science Society American Journal**, v.56, p.415-423, 1992.

SHIMODA, Y.; ITO, H.; TANAKA, A. Conversion of chlorophyll *b* to chlorophyll *a* precedes magnesium dechelation for protection against necrosis in Arabidopsis. **The Plant Journal**, v.72, p.501-511, 2012.

SIDDIQUI, S. Lead induced genotoxicity in *Vigna mungo* var. HD-94. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.11, p.107-112, 2012.

SOUZA, E.P.; SILVA, I.F.; FERREIRA, L.E. Mecanismos de tolerância a estresses

por metais pesados em plantas. **Revista Brasileira Agrociência**, v.17, n.2-4, p.167-173, 2011a.

SOUZA, L.A.; ANDRADE, S.A.L.; SOUZA, C.R.S; SCHIAVINATO, M.A. Tolerância e potencial fitorremediador de *Stizolobium aterrimum* associada ao fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum* em solo contaminado por chumbo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1441-1451, 2011b.

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

VODNIK, D.; JENTSCHKE, G.; FRITZ, E.; GOGALA, N.; GODBOLD, D.L. Root-applied cytokinin reduces lead uptake and affects its distribution in Norway spruce seedlings. **Physiologia Plantarum**, v.106, n.1, p.75-81, 1999.

XIONG, Z.-T.; ZHAO, F. ; LI, M.-J. Lead toxicity in *Brassica pekinensis* Rupr.: Effect on nitrate assimilation and growth. **Environmental Toxicology**, v.21, n.2, p.147-153, 2006.

YONGSHENG, W.; QIHUI, L.; QIAN, T. Effect of Pb on growth, accumulation and quality component of tea plant. **Procedia Engineering**, v.18, p.214-219, 2011.