

CRESCIMENTO DE PLANTAS DE GIRASSOL CULTIVADAS EM AMBIENTE CONTAMINADO POR CHUMBO

GROWTH OF SUNFLOWER PLANTS CULTIVATED IN LEAD CONTAMINATED ENVIRONMENT

Petterson Costa Conceição SILVA¹; Fábio Nascimento de JESUS²; Aglair Cardoso ALVES²; Carlos Augusto Santos de JESUS²; Anacleto Ranulfo dos SANTOS³

1. Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas, UFC, Fortaleza, CE, Brasil, pitt2mil@gmail.com; 2. Estudante de Agronomia da UFRB, Cruz das Almas, BA, Brasil, fabiorock222@yahoo.com.br, agro.aglair@yahoo.com.br, ghuthosantos@hotmail.com; 3. Professor Doutor em Solos e Nutrição de Plantas da UFRB/CCAAB, Cruz das Almas, BA, Brasil, anacleto@ufrb.edu.br

RESUMO: A utilização de técnicas para amenizar o potencial contaminante de metais no solo, dentre elas, a fitorremediação justifica a então realização de estudos que relacionam espécies vegetais que possuam capacidade de se adaptar aos ambientes contaminados. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as características de crescimento e o índice de tolerância de plantas de girassol cultivadas em ambiente contaminado com chumbo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, utilizando solução nutritiva. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, testando cinco doses de chumbo: 0; 51,8; 103,6; 207,2 e 414,4 mg L⁻¹ de Pb, com quatro repetições. As plantas foram submetidas à aplicação dos tratamentos durante um período de 30 dias. Foram realizadas coletas das seguintes variáveis de crescimento: altura, diâmetro, número de folhas, número de folhas inviáveis, área foliar e clorofila total. Foram coletadas particionadas em folhas, haste (pecíolo+caule) e raiz e posteriormente quantificados os respectivos valores de massa desses componentes. A presença do chumbo promoveu efeito significativo nos valores de todas as variáveis de crescimento. O chumbo reduziu significativamente a massa seca das plantas de girassol quando estavam altas concentrações. As mudas de girassol apresentam um índice de tolerância próximo a 85%, quando cultivado em baixas concentrações.

PALAVRAS-CHAVE: Girassol. Fitorremediação. Tolerância ao chumbo.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o tema poluição do solo tem despertado interesse e preocupação dos especialistas, das autoridades e da sociedade. Este tema é importante nos aspectos ambientais e de saúde pública, o que introduziu a questão das áreas contaminadas (GÜNTHER, 2005).

O solo é um recurso natural. Sendo assim, quaisquer alterações indesejáveis das características químicas, físicas ou biológicas, podem afetar prejudicialmente o modo de vida das espécies que nele habitam (ODUM, 1997). Na produção agrícola, o solo serve como local para o desenvolvimento das raízes, a sustentação do vegetal, além de ser o meio no qual a planta retira os nutrientes para seu pleno desenvolvimento.

Locais contaminados apresentam uma ameaça real para os ecossistemas e as pessoas que neles vivem, podendo atingir distâncias significativas, devido à mobilidade dos contaminantes e suas interações com o solo e a água. Para tentar minimizar o problema já causado, foram criadas algumas técnicas

visando diminuir ou amenizar o potencial dos metais pesados em sua ação sobre os ecossistemas. Dentre estas técnicas desenvolvidas está a fitorremediação, que é basicamente a utilização de espécies vegetais, tolerantes à presença de metais. A capacidade da biomassa das plantas em acumular altas concentrações de metais sem efeitos prejudiciais ao seu crescimento enfatiza seu potencial em retirar metais de solos e da água (RASKIN; ENSLEY, 2000).

A fitorremediação parece ser uma técnica promissora para recuperar locais contaminados por metais pesados, e apresenta diversas vantagens, como a possibilidade de aplicação em áreas extensas, possuir baixo custo, e reduzir a erosão e lixiviação dos contaminantes. Sua utilização é indicada em áreas com contaminação difusa e com baixa concentração de metais, nas quais as técnicas de engenharia não sejam viáveis economicamente. Logo, a mesma deve ser estudada, por se apresentar como uma tecnologia promissora, havendo a necessidade de se testar novas plantas, especialmente em clima tropical, para que possam apresentar uma elevada tolerância à

Crescimento de plantas de girassol... presença de metais, e assim, serem eficientemente cultivadas em áreas contaminadas.

As plantas hiperacumuladoras são altamente especializadas em acumular ou tolerar altíssimas concentrações elevadas de metais como: > 10.000 mg kg⁻¹ de Zn e Mn; > 1.000 mg kg⁻¹ de Pb, Ni e Cu; > 100 mg kg⁻¹ de Cd (RASKIN et al., 1994). Até o momento, foram identificadas 400 plantas hiperacumuladoras, sendo a maioria originária de áreas contaminadas da Europa, Estados Unidos, Nova Zelândia e Austrália (KHAN et al., 2000). Essas plantas pertencem às famílias Brassicaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Asteraceae, Lamiaceae e Scrophulariaceae (GARBISU & ALKORTA, 2001). Algumas plantas possuem potencial para extrair vários metais do solo, outras são mais específicas. A *Brassica juncea* possui potencial para remediar solos com altos teores de Pb, Cr, Cd, Cu, Ni, Zn, Sr, B e Se; *Thlaspi caerulescens* para fitorremediar Cd, Ni e Zn; *Helianthus annuus*, *Nicotiana tabacum* e *Alyssum wulfenianum* para extrair Ni (USEPA, 2000).

As plantas tolerantes cultivadas ou presentes em áreas contaminadas por metais pesados desenvolvem barreiras reprodutivas, como o florescimento precoce (ASHOMORE 2000). Várias plantas apresentam mecanismos de tolerância à presença de metais, porém esses mecanismos ainda não estão bem definidos. Estes estão relacionados à modificação estrutural e ao funcionamento das membranas da célula, remoção e armazenamento de íons do metabolismo em formas fixas e/ou insolúveis em várias organelas, alteração em padrões metabólicos, dentre outros (MOHR & SCHOPFER, 1995). De acordo com esses autores, a formação de fitoquelatinas foi a principal razão para a tolerância de algumas espécies aos altos teores de Zn e Cd no solo.

Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características de

crescimento e o índice de tolerância ao chumbo de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) cultivadas em condições de contaminação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, Campus de Cruz das Almas (12°40' S; 39°06' W; 226 metros de altitude), sendo a temperatura média diurna foi de 29°C e a noturna de 21°C, no período de setembro a outubro de 2011.

Foram utilizadas plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.), híbrido: hélio 360, fornecidas pela empresa Helianthus do Brasil. As mudas foram produzidas a partir de sementes, em bandejas de polietileno, utilizando como substrato areia lavada. O transplante das mudas de girassol foi realizado para vasos de polietileno com capacidade para 1 dm³ de areia lavada e ocorreu quando as plantas atingiram uma altura média de ± 7 cm e formação do primeiro par de folhas.

O experimento foi distribuído em delineamento inteiramente casualizado e os tratamentos foram constituídos de cinco doses de Pb, utilizando-se como fonte o acetato de chumbo [Pb (CH₃COO)₂ · 3H₂O] P.A., nas concentrações de 0; 51,8; 103,6; 207,2 e 414,4 mg L⁻¹ do elemento em solução, com quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais com duas plantas em cada vaso.

Após o transplante, as plantas receberam água e nutrientes na forma de solução nutritiva, aplicada diariamente em uma quantidade de 100 ml em cada vaso com o objetivo de repor a água perdida pela evapotranspiração. A aplicação dos tratamentos se deu durante um período de 30 dias e foi realizada juntamente com a reposição de água e nutrientes. A solução nutritiva utilizada foi a sugerida por Hoagland e Arnon (1950), modificada seguindo os respectivos tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Volume (ml) retirado das soluções estoque (S. E.) para formar 1 L de solução nutritiva modificada, seguindo os respectivos tratamentos com as doses de chumbo, Cruz das Almas - BA, 2011.

S. E. (concentração em Mol L ⁻¹)	Doses de Chumbo (mg L ⁻¹)				
	0	51,8	103,6	207,2	414,4
KH ₂ PO ₄ (1M)	1	1	1	1	1
Pb (CH ₃ COO) ₂ (1M)	-	0,25	0,5	1	2

Crescimento de plantas de girassol...	SILVA, P. C. C. et al.				
MgSO ₄ (1M)	2	2	2	2	2
KNO ₃ (1M)	5	5	5	5	5
Ca (NO ₃) ₂ (1M)	5	5	5	5	5
Micronutrientes*	1	1	1	1	1

*Solução de micronutrientes (g/l): H₃B₃O₃ = 2,86; MnCl₂ 4H₂O = 1,81; ZnCl₂ = 0,10; CuCl₂ = 0,04; H₂MoO₄ H₂O = 0,02.

O Fe-EDTA proposto na solução nutritiva não foi inserido, devido o alto grau de complexação entre o íon Pb²⁺ e o ácido EDTA, o que promove a formação de quelatos, e conseqüentemente, não disponibilizando o chumbo para as plantas.

O pH da solução foi verificado utilizando potenciômetro Denver Instrument UP-25 e ajustado para 5,6 (±1), com o uso de HCl 0,01 M ou NaOH 0,01 M. A condutividade elétrica da solução foi de 3,4 mS cm⁻¹, medida com o condutivímetro de bancada modelo Digimed CD-20. As leituras de pH e condutividade elétrica foram realizadas antes da adição das doses de chumbo, com o intuito de evitar a contaminação dos aparelhos.

Aos 30 dias após o início da aplicação dos tratamentos foram coletados dados de crescimento, sendo constituídos das seguintes variáveis:

Altura das Plantas: Utilizando régua milimetrada, medindo a partir da superfície do substrato até o meristema apical.

Diâmetro do Caule: Utilizando paquímetro, medindo o caule a 0,5 cm do substrato.

Número de Folhas: Contagem das folhas totais emitidas pela planta.

Número de Folhas Inviáveis: Contagem das folhas com mais de 50% de área foliar necrosada.

Área Foliar: Área foliar total da planta (Medidor portátil de área foliar AM 300 ADC Scientific).

Clorofila Total: Teor de clorofila das folhas coletado usando a média de três folhas do terço médio de cada planta (Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila - clorofiLOG CFL 1030 da empresa Falker), medida na unidade ICF (Índice de clorofila Falker).

Massa Seca de Folha, Haste e Raiz: Massa seca das diferentes partições da planta colocada para secar em estufa de circulação de ar forçada a 65°C até obterem peso constante, posteriormente pesada em balança analítica de precisão (10⁻³).

Massa Seca Total: Somatório da massa seca das folhas, haste e raiz das plantas.

Índice de Tolerância: [IT = (MST_{Pb}/MST_c) x 100], sendo IT = índice de tolerância, MST_{Pb} = valor da variável de produção e crescimento vegetativo em cada dose de chumbo; MST_c = valor da variável no controle (sem contaminação) (TRANNNIN et al., 2001).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (p<0,05), posteriormente, os dados significativos foram submetidos ao estudo de regressão polinomial, utilizando o programa estatístico Sisvar® 5.3 (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da altura das plantas de girassol apresentou um comportamento linear decrescente. Com o aumento das doses de chumbo aplicadas houve uma queda significativa na altura das plantas (Figura 1). A cada 1 mg L⁻¹ de Pb adicionado promovia um decréscimo de aproximadamente 0,013 cm em altura das plantas. A aplicação da dose 414,4 mg L⁻¹ de Pb promoveu uma redução na altura das plantas de girassol. A altura média foi de 19,74 cm, correspondendo a uma redução de aproximadamente 23%, quando comparado ao tratamento onde não houve a aplicação do metal (tratamento controle).

Assim como observado por Zeitouni (2003), as plantas de girassol apresentaram crescimento mais lento com o aumento das quantidades de metais pesados encontrados no solo contaminado com chumbo, cádmio, cobre, níquel e zinco, verificando uma redução de até 54% no crescimento das plantas, quando comparadas à testemunha.

Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Marques et al. (2000), que em trabalho realizado com espécies arbóreas cultivadas em solo contaminado por vários metais pesados, verificaram que o crescimento em altura das espécies foi influenciado pela contaminação do solo. Romeiro et al. (2007), utilizando *Canavalia ensiformes* L. (feijão de porco),

Crescimento de plantas de girassol... verificaram também que houve diminuição do crescimento, sendo diretamente proporcional ao

SILVA, P. C. C. et al.

aumento das concentrações de chumbo aplicadas.

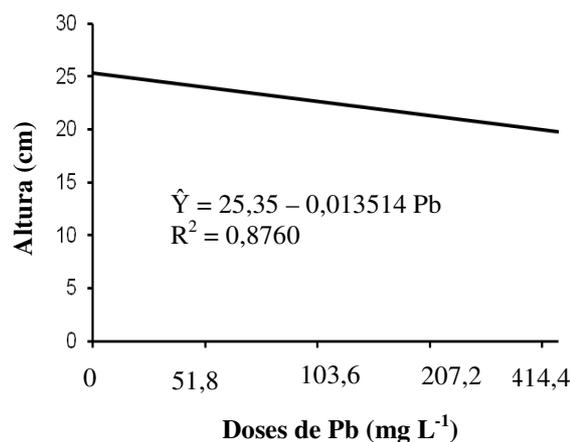


Figura 1. Altura das plantas de girassol submetidas a doses de chumbo (Pb) em solução nutritiva, Cruz das Almas - BA, 2011.

O diâmetro das plantas de girassol também sofreu influência significativa ao aumento das doses de chumbo aplicadas. A variação do diâmetro das plantas também obteve um ajuste ao modelo linear decrescente. Na Figura 2, pode-se observar que à medida que se aumentou a dose de chumbo ocorreu redução expressiva no diâmetro das plantas.

Na ausência de Pb (tratamento controle) as plantas apresentaram um diâmetro médio estimado de 39,92 mm. A cada 1 mg L⁻¹ de Pb aplicado houve uma redução no diâmetro de aproximadamente 0,06 mm. As plantas que receberam a dose 414,4 mg L⁻¹ de Pb

apresentaram um diâmetro estimado de 15,05 mm, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 62% em relação ao tratamento testemunha.

O diâmetro das plantas submetidas a uma dose de 51,8 mg L⁻¹ de Pb apresentaram uma redução de cerca de 7%, comparado ao tratamento onde não havia a presença do metal. Este dado pode servir de indicativo para mostrar que com esta dose aplicada não existem reduções severas no diâmetro das plantas de girassol, quando cultivadas nas mesmas condições que o presente experimento.

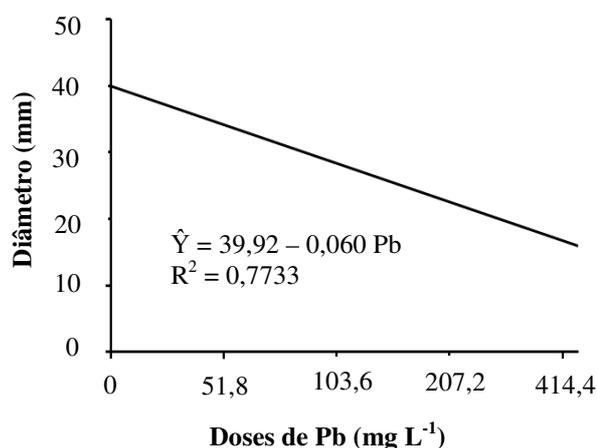


Figura 2. Diâmetro da haste das plantas de girassol submetidas a doses de chumbo (Pb) em solução nutritiva, Cruz das Almas - BA, 2011.

Em plantas de *Carex rostrata* L. (Tiririca), *Eriophorum angustifolium* L. (Erva do Algodão) e *Phragmites australis* L. (Caniço), não houve modificação no crescimento na presença de Pb (STOLTZ & GREGER, 2002), resultados contrários aos constatados neste experimento.

Em experimento utilizando solo contaminado, Nalon (2008) verificou que com o passar do tempo o diâmetro do caule de três espécies de Eucalipto aumentou com o aumento da concentração de chumbo no solo.

Pode-se verificar que o número de folhas total apresentou comportamento semelhante ao

Crescimento de plantas de girassol...

das variáveis analisadas anteriormente (Figura 3). À medida que se aumentou a dose de Pb em solução, houve um decréscimo na quantidade de folhas emitidas em cada planta. As plantas do tratamento com a maior dose de chumbo (414,4 mg L⁻¹ de Pb) apresentaram um número de folhas

total estimado em aproximadamente 5,48 folhas por planta, o qual ao ser comparado com o tratamento testemunha (0 mg L⁻¹ de Pb) pode-se observar que a presença do metal promoveu uma redução de aproximadamente 44% no número de folhas total das plantas.

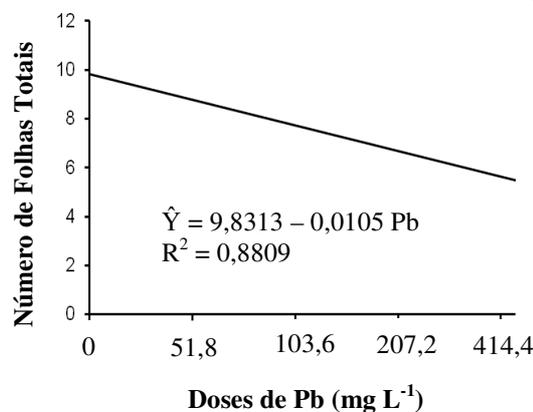


Figura 3. Número de Folhas Total das plantas de girassol submetidas a doses de chumbo (Pb) em solução nutritiva, Cruz das Almas - BA, 2011.

A aplicação do Pb promoveu necrose nas folhas, como já foi discutido anteriormente, foram consideradas como inviáveis todas as folhas com mais de 50% da sua área necrosada. O número de folhas inviáveis apresentou comportamento linear crescente em relação às doses de chumbo aplicadas (Figura 4). Na medida em que aumentou a dose de Pb em solução, aumentou o número de folhas com presença de necrose.

A dose 414,4 mg L⁻¹ de Pb apresentou o número de folhas inviáveis estimado em 2,28, reduzindo aproximadamente 42% do número de folhas total, assim, neste tratamento verifica-se que um pouco menos da metade das folhas totais encontradas na planta foram consideradas inviáveis.

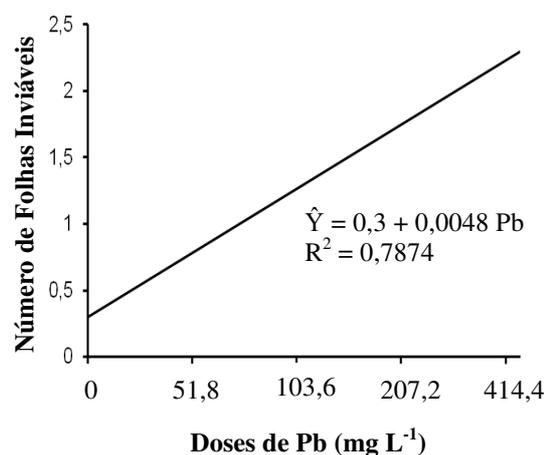


Figura 4. Número de folhas inviáveis das plantas de girassol submetidas a doses de chumbo (Pb) em solução nutritiva, Cruz das Almas - BA, 2011.

Na dose 51,8 mg L⁻¹ de Pb o valor estimado de folhas inviáveis foi de 0,54, ou seja, aproximadamente metade de uma folha por planta. Isto mostra uma provável capacidade da planta manter seu aparato fotossintético em sua quase totalidade sem riscos severos quando as

plantas são submetidas a esta concentração de chumbo.

A partir da observação destes dados, podemos inferir que o aumento da concentração do Pb provocou maiores danos ao tecido celular das folhas levando-a a diminuição da área foliar

Crescimento de plantas de girassol...

da planta. Este efeito pode ser comprovado com a avaliação da área foliar da planta.

A área foliar da planta apresentou um comportamento quadrático, sendo observado que a partir do aumento da concentração do chumbo na solução houve diminuição da área foliar das plantas (Figura 5). Na dose estimada de 389,75 mg L⁻¹ de Pb observou-se o menor valor de área foliar das plantas, aproximadamente 89,08 cm². A partir desta dose, o aumento na concentração do metal na solução não apresentou alteração

significativa nas medidas. Quando comparamos esta dose estimada com a dose aplicada de 414,4 mg L⁻¹ de Pb, podemos verificar que a diferença entre a área foliar entre elas é de 0,49 cm², a qual estatisticamente não foi considerada significativa. A presença do Pb nesta concentração (389,75 mg L⁻¹ de Pb), quando comparada ao tratamento sem a presença do metal, observou-se que houve uma redução de cerca de 57% da área foliar das plantas de girassol.

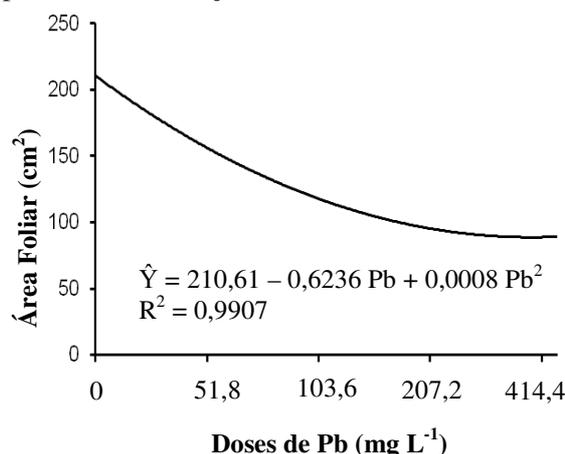


Figura 5. Área Foliar das plantas de girassol submetidas a doses de chumbo (Pb) em solução nutritiva, Cruz das Almas - BA, 2011.

Estes resultados se assemelham aos encontrados em experimento avaliando a absorção de Pb e o potencial fitorremediador de *Canavalia ensiformes* L., onde Romeiro et al., (2007) verificaram que a área foliar sofreu redução até a concentração de 200 μmol L⁻¹ de Pb. Também trabalhando com a presença de Pb e Zn em plantas de *E. speciosa*, Souza (2010) constatou-se que com a presença do chumbo a área foliar das plantas foi afetada, de forma que na maior concentração houve uma redução de 33% em relação ao tratamento sem adição de metal.

A interpretação dos dados de clorofila total nas folhas das plantas mostrou um comportamento semelhante ao encontrado para os dados de área foliar (Figura 6). Com o aumento da concentração do metal na solução houve uma queda significativa no teor de clorofila total até a dose estimada de 307,74 mg L⁻¹ de chumbo. A partir desta dose, o aumento da concentração de chumbo na solução não promoveu diferença significativa no teor de clorofila total das plantas de girassol.

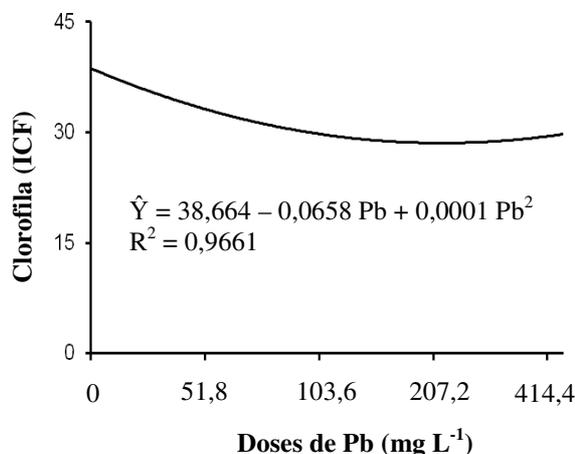


Figura 6. Clorofila Total das plantas de girassol submetidas a doses de chumbo (Pb) em solução nutritiva, Cruz das Almas, 2011.

O chumbo pode alterar a síntese de clorofila, uma vez que esse metal pode interferir na absorção de Fe e Mg e, assim, consequentemente inibir a síntese dessas moléculas (DRAZKIEWICZ, 1994).

Souza (2010), em experimento avaliando a tolerância de espécies arbóreas à presença de chumbo e zinco, verificou que a presença do chumbo influenciou negativamente o teor de clorofila. Resultados contrários aos encontrados neste experimento foram verificados por Souza et al. (2011), onde avaliando a tolerância de *Stizolobium aterrimum* associado a fungos micorrízicos, constataram que o aumento da concentração do chumbo não alterou o teor de clorofila das plantas. Em outro estudo, conduzido com mudas de arroz utilizando Cd, observou-se redução dos teores de clorofila a e b e da razão clorofila a/b (HE et al., 2006).

A Figura 7 mostra o comportamento da massa seca da folhas do girassol em relação às doses de chumbo aplicadas. Esta variável apresentou decréscimo significativo até a dose 311,6 mg L⁻¹ de Pb. A qual se apresentou como dose mais crítica para esta variável. A partir desta dose, a variação apresentada não foi significativa, apresentando, em comparação a maior dose aplicada, apresentando uma variação de aproximadamente 0,05 g de massa seca de folhas por planta. Com esta dose estimada houve uma redução de aproximadamente 57% na massa seca das folhas do girassol, quando comparada com o tratamento testemunha.

A partir da análise de regressão polinomial, foi verificado que os tratamentos 51,8; 103,6; e 207,2 mg L⁻¹ de Pb proporcionaram uma redução para a variável de aproximadamente 17, 42 e 50%, respectivamente, quando comparada com o tratamento 0 mg L⁻¹ de chumbo.

Segundo Kosobrukhov et al. (2004), a aplicação de Pb promove redução na massa seca de partes de plantas. Em *Vetiver zizanioides* e *V. nemoralis* a biomassa das plantas diminuiu com o aumento da concentração de Pb aplicada (Chantachon et al., 2004). Romeiro et al. (2007) verificaram o mesmo comportamento citado anteriormente, porém em experimento com *C. ensiformes* L., eles afirmaram que as plantas tratadas com o chumbo apresentaram vigor, mesmo sendo aplicadas doses de 100 e 200 mmol L⁻¹ de chumbo.

A variável massa seca da haste do girassol apresentou comportamento semelhante ao encontrado para a variável anterior (Figura 7). Com o aumento das doses de Pb, a massa seca da haste sofreu uma queda significativa. A dose estimada de 331,87 mg L⁻¹ de Pb foi a que provocou o ponto mínimo para massa seca de haste, apresentando um valor de 0,30 g, nesta dose as plantas apresentaram uma redução de cerca de 57%, quando comparado ao tratamento onde não houve a aplicação do metal.

A dose 51,8 mg L⁻¹ de Pb apresentou uma redução de aproximadamente 18% na massa seca da haste, se mostrando assim, uma dose onde a planta já apresenta redução significativa no seu aporte de massa seca da haste.

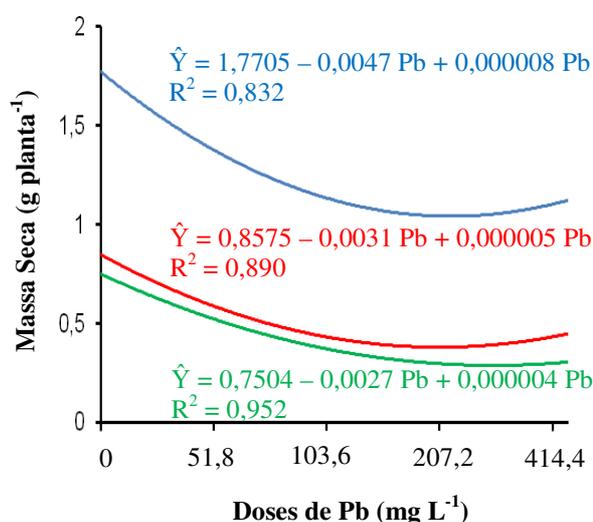


Figura 7. Massa seca das Folhas (—), Haste (—), e Raiz (—) do girassol submetido a doses de chumbo (Pb) e solução nutritiva, Cruz das Almas, 2011.

Em experimento avaliando o potencial fitorremediador de diferentes espécies de Eucaliptos em solo contaminado por Pb, Nalon (2008), verificou que para as espécies *E. grandis* e *C. citriodora* o aumento da concentração de chumbo não promoveu diferença significativa na massa seca do caule das plantas. No entanto, no mesmo experimento foi encontrada uma resposta contrária quando se testou as doses de chumbo na espécie *E. saligna*, para esta espécie o aumento da concentração de chumbo promoveu uma diminuição da massa seca do caule das plantas. Almeida et al. (2008) em experimento com *C. ensiformes* L. verificaram que as plantas não apresentaram nenhuma característica de inibição de crescimento quando o chumbo foi fornecido na forma de acetato de chumbo até a dose 1000 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de Pb.

A massa seca da raiz das plantas de girassol diminuiu em à medida que se elevou as doses de Pb aplicadas (Figura 7). A presença do metal provocou uma redução do acúmulo de massa seca na raiz das plantas até a dose estimada de 293,75 mg L^{-1} de Pb. Esta dose promoveu uma massa seca de raiz de 1,08 g por planta, o que equivale a uma diminuição de aproximadamente 39% de massa seca de raiz. Esta redução é considerada muito prejudicial para a capacidade de absorção de água e nutrientes pela planta, prejudicando assim, o crescimento e desenvolvimento da planta.

No tratamento onde não houve a aplicação do Pb as plantas apresentaram massa seca de raiz

equivalente a 1,7705 g por planta. Este tratamento quando comparado com as demais doses aplicadas, mostra que a presença do metal promoveu uma redução estimada de aproximadamente 12; 22; 35%; referenciadas às doses 51,8; 103,6; 207,2 mg L^{-1} de Pb, respectivamente. Com este resultado, pode-se observar que a dose 51,8 mg L^{-1} de Pb promove uma redução próxima a 10%, indicando talvez a tolerância da planta nesta concentração do metal em solução.

Em estudos avaliando o potencial fitorremediador de *C. ensiformes* L. em cultivo hidropônico em solução contaminada por chumbo, Romeiro et al., (2007) verificaram que houve grande redução para as variáveis de massa seca de raiz até a concentração 200 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de Pb. Souza (2010) avaliando o potencial fitorremediador de chumbo e zinco em mudas de espécies arbóreas verificou que não houve influência significativa do Pb na massa seca de raiz para nenhuma das espécies estudadas.

A massa seca total é o resultado da soma das massas secas das diferentes partições das plantas e neste caso de estudo ela obteve um comportamento semelhante ao encontrado nas variáveis de rendimento de massa seca citados anteriormente.

O estudo de regressão mostra que à medida que houve um aumento da concentração do chumbo em solução, houve também uma diminuição da massa seca total das plantas (Figura 8).

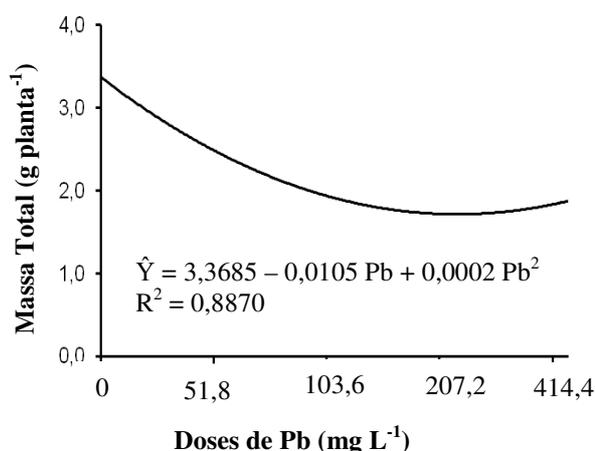


Figura 8. Massa seca total do girassol submetido a doses de chumbo (Pb) em solução nutritiva, Cruz das Almas, 2011.

Ao interpretar o estudo de regressão verificou-se que houve redução na massa seca total do girassol até a dose estimada de 262,5 mg L^{-1} de

Pb, promovendo uma massa seca total de 1,99 g por planta, o que por sua vez corresponde a uma redução de aproximadamente 40%, quando

comparada com tratamento testemunha. A partir dessa dose estimada ($262,5 \text{ mg L}^{-1}$ de Pb) não foi constatada diferença significativa em relação ao acúmulo de massa seca total das plantas de girassol.

Paiva et al. (2000), estudando os efeitos de Cd, Ni, Pb e Zn em doses crescentes de 0, 49, 96, 192 e 288 mmol L^{-1} de Pb verificaram que a menor dose aplicada (49 mmol L^{-1}), reduziu de 27, 28, 32, 32 e 28% a massa seca das raízes, a massa seca dos caules, a massa seca das folhas, a massa seca da parte-aérea e a massa seca total, para mudas de cedro, respectivamente, e de 9, 10, 25, 24 e 11% para as mudas de ipê-roxo, respectivamente. Ao analisar os efeitos da dose maior de Pb (288 mmol L^{-1}), os autores verificaram reduções de 80, 78, 78,

77 e 79% nos respectivos parâmetros para as mudas de cedro e de 55, 60, 73, 59 e 69%, para as mudas de ipê-roxo. A redução de biomassa constatada neste experimento, bem como para os demais autores citados, pode ser decorrentes de alterações no metabolismo dos vegetais, devido ao efeito tóxico do chumbo.

O índice de tolerância para massa seca total das plantas de girassol à contaminação com chumbo obteve um comportamento decrescente (Tabela 2). Com o aumento da concentração do chumbo em solução houve uma diminuição do índice de tolerância da massa seca total da planta à presença do metal.

Tabela 2. Índice de tolerância para massa seca total das plantas de girassol em relação às doses de chumbo (Pb) aplicadas em solução nutritivas, Cruz das Almas, 2011.

Doses de chumbo	Índice de Tolerância (% ^(*))
0	100
25,9 (estimada)	86,25
51,8	72,14
103,6	63,92
207,2	59,44
414,4	59,11

(*) Percentagem de rendimento da variável em relação ao tratamento sem contaminação.

Ao interpretar o estudo de regressão verificou-se que houve redução na massa seca total do girassol até a dose estimada de $262,5 \text{ mg L}^{-1}$ de Pb, promovendo uma massa seca total de 1,99 g por planta, o que por sua vez corresponde a uma redução de aproximadamente 40%, quando comparada com tratamento testemunha. A partir dessa dose estimada ($262,5 \text{ mg L}^{-1}$ de Pb) não foi constatada diferença significativa em relação ao acúmulo de massa seca total das plantas de girassol.

CONCLUSÕES

A presença do chumbo no substrato promoveu limitação no crescimento das plantas de girassol.

A massa seca de todas as partições coletadas apresentou uma redução altamente significativa na presença do chumbo, quando encontrado em altas concentrações.

O índice de tolerância mostrou que as plantas de girassol só deverão ser recomendadas para cultivo em locais com baixa concentração de chumbo.

Por apresentarem tolerância a baixos teores de Pb, as plantas de girassol podem ser úteis para pesquisas com fitorremediação.

ABSTRACT: The use of techniques to mitigate potential contaminant metals in the soil, among them, then justifies the phytoremediation studies relating plant species that have the capacity to adapt to environments contaminated.

This study aimed to evaluate the growth characteristics and tolerance index of sunflower plants grown in the contaminated with lead. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal University in the Recôncavo of Bahia, using nutrient solution. We used a completely randomized design, testing five doses of lead: 0; 51.8; 103.6, 207.2 and 414.4 mg L⁻¹ Pb, with four replications. The plants were subjected to the application of treatments over a period of 30 days. We collected the following growth variables: height, diameter, number of leaves, leaf number unviable, leaf area, total chlorophyll. We collected partitioned into leaves, stem (petiole + stem) and root and subsequently measured their mass values of these components. The presence of lead promoted significant effect on the values of all variables of growth. Lead significantly reduced the dry weight of sunflower plants when they were high concentrations. Sunflower seedlings have a tolerance index near 85%, when grown at low concentrations.

KEYWORDS: *Helianthus annuus* L., Phytoremediation, Heavy Metal

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. L.; MARCOS, F. C. C.; SCHIAVINATO, M. A.; LAGÔA, A. M. M. A.; ABREU, M. F. Crescimento de feijão de porco na presença de chumbo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 569-576, 2008.
- ASHMORE, M. Plants and pollution. In: CRAWLEY, M.J. (ed.) **Plant Ecology**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 568-581.
- CHANTACHON, S.; KRUATRACHUE, M.; POKETHITIYOOK, P.; UPATHAM, S.; TANTANASARIT, S.; SOONTHORN SARATHOOL, V. Phytoextraction and accumulation of lead from contaminated soil by vetiver grass: Laboratory and simulated field study. **Water, Air, Soil Pollution**, Amsterdam, v. 154 p. 37-55, 2004.
- DRAZKIEWICZ, M. Chlorophyll-occurrence, functions, mechanisms of action and external factors. **Photosynthetica**, Praha, v. 30, p. 321-331, 1994.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.
- GARBISU, C.; ALKORTA, I. Phytoextraction: a cost effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 77, p. 229 -236, 2001.
- GÜNTHER, H. Poluição dos Solos. In: PHILIPPI JUNIOR, A.; PELICIONI, M. C.; [Ed.] **Educação Ambiental e Sustentabilidade**. São Paulo, Manole, 2005. 191p.
- HE, H.; ZHITING, X.; MINJING, L.; SHUANGLIAN, X.; SHENGLAN, L.; MBA, F.O. Effect of cadmium and herbicides on the growth, chlorophyll and soluble sugar content in rice seedlings. **Wuhan University Journal of Natural Sciences**, Wuhan, v. 11, p. 742-748, 2006.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. **California Agricultural Experimental Station**, Berkeley, 1950 (Circ. n.347).
- KHAN, A.G.; KUEK, C.; CHAUDHRY, T.M.; KHOO, C.S; HAYES, W. J. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. **Chemosphere**, Oxford, v. 41, p. 197-207, 2000.
- KOSOBROUKHOV, A.; KNYAZEVA, I.; MUDRIK, V. Plantago major plants responses to increase content of lead in soil: growth and photosynthesis. **Plant growth regulation**, Dordrecht, v. 42, p. 145-151, 2004.
- MARQUES, T. C. L. S. M.; MOREIRA, F. M. M; SIQUEIRA, J. O. Crescimento e teor de metais de mudas de espécies arbóreas cultivadas em solo contaminado com metais pesados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 121-132, 2000.
- MOHR, H.; SCHOPFER, P. **Plant physiology**. Berlim: Springer - Verlag, 1995. 629 p.

NALON, L. **Potencial do Eucalipto na fitorremediação de um solo contaminado por chumbo**. 2008. 128 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2008.

ODUM, E. **Fundamentos de Ecologia**. 5ª Ed. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian. 1977.

PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; SIQUEIRA, J. O. Efeito de Cd, Ni, Pb e Zn sobre mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell) e ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 369-378, 2000.

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

RASKIN, I.; KUMAR, P. B. A. N.; DUSHENKOV, S.; SALT, D. E. Bioconcentration of heavy metals by plants. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 5, p. 285-290, 1994.

ROMEIRO, S.; LAGÔA, A. M. M. A.; FURLANI, P. R.; ABREU, C. A. de.; PEREIRA, P. F. F. Absorção de chumbo e potencial de fitorremediação de *Canavalia ensiformes* L. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 327-334, 2007.

SOUZA, S. C. R. de. **Tolerância aos metais pesados chumbo e zinco e potencial fitorremediador de mudas de espécies arbóreas**. 2010. 85f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2010.

SOUZA, L. A. de.; ANDRADE, S. A. L. de.; SOUZA, C. R. de.; 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 Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1441-1451, 2011.

STOLTZ, E.; GREGER, M. Accumulation properties of As, Cd, Cu, Pb and Zn by four wetland plant species growing on submerged mine tailings. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 47 n. 3, p. 271-280, 2002.

TRANNIN, I. C. B.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; LIMA, A. Tolerância de estirpes e isolados de *Bradyrhizobium* e de *Azorhizobium* a zinco, cádmio e cobre "in vitro". **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 305-316, 2001.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). **Introduction to phytoremediation**: EPA/600/R-99/107. Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory, Washington, 2000. 150p.

ZEITOUNI, C. F. **Eficiência de espécies vegetais como fitoextratoras de cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico**. 2003. 91 f. Dissertação (Mestrado Agricultura Tropical e Subtropical), Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2003.