

EFEITO DA PALHADA DE SORGO LOCALIZADA NA SUPERFÍCIE DO SOLO EM CARACTERÍSTICAS DE PLANTAS DE SOJA E MILHO¹

**Julio Cezar Silveira Nunes²
Eduardo Fontes Araujo³
Caetano Marciano de Souza³
Leopoldo Araújo Bertini²
Francisco Afonso Ferreira³**

RESUMO

A presença da palha é uma das condições básicas para o sucesso do plantio direto, sendo recomendadas para a formação de cobertura morta neste sistema algumas plantas, entre as quais se destaca o sorgo. Porém, esta espécie pode apresentar efeitos prejudiciais sobre a cultura em sucessão, estudados no presente trabalho. O experimento foi realizado em casa de vegetação, e os tratamentos foram cinco quantidades da palhada de sorgo, equivalentes a: 0, 5, 10, 20 e 30 t.ha⁻¹. Foi utilizado o delineamento estatístico inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições para cada uma das culturas em estudo, sendo as parcelas constituídas de bandejas. A palhada do sorgo (14% de umidade) foi seca na sombra, picada, pesada e colocada na superfície do solo. As sementes de soja e milho foram plantadas 16 e 17 dias após a aplicação da palhada, respectivamente, sendo semeadas a uma profundidade de 3 cm. Foram semeadas 200 sementes de soja (UFV-18) e 100 de milho (AG-1051) por bandeja. Avaliaram-se as seguintes características das plântulas de soja e milho: velocidade de emergência até o 7º dia após o plantio; pesos das partes aéreas fresca e seca no 18º dia após o plantio; e índice "SPAD" (teor de clorofila) das folhas no 18º dia após o plantio. Também foram avaliadas, diariamente, as alturas das plantas de soja entre o 10º e o 16º dia após o plantio, com a finalidade de estudar a

¹ Aceito para publicação em 13.12.2002.

² Doutorandos no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: ds06024@correio.ufv.br

³ Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, MG. E-mail: efaraujo@ufv.br

influência da quantidade da palhada no crescimento inicial das plantas. Para avaliar a percentagem e velocidade de emergência até o 7º dia do plantio foram quantificadas, diariamente, as plântulas emergidas acima da camada de palha, até que cessaram as emergências. Por meio da soma das emergências diárias, calcularam-se as percentagens de emergência. No período do 10º ao 16º dia após o plantio, 10 plantas/parcela foram marcadas ao acaso e realizadas medidas diárias das suas alturas, do nível do solo até a folha mais alta. No 18º dia após o plantio, as plantas foram cortadas, pesadas, secas em estufa com ventilação forçada a 75°C até peso constante e pesadas novamente. A soja foi prejudicada em todas as características estudadas, porém o milho foi menos sensível. Na cultura da soja, a dose de 10 t.ha⁻¹ de palhada de sorgo foi a que proporcionou maior crescimento no período do 10º ao 16º dia após o plantio.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, *Zea mays*, *Glycine max*, plantio direto.

ABSTRACT

EFFECT OF SORGHUM STRAW, LOCATED ON THE SOIL SURFACE, ON THE FEATURES OF SOYBEAN AND MAIZE PLANTS

The presence of straw is one of the basic conditions for a successful no-tillage cultivation, with some plants being recommended for the formation of dead covering in this system with straw, such as sorghum. However, this species can have harmful effects on the culture in succession, which is the objective of study in this work. The experiment was carried out at the Department of Plant Sciences of the Federal University of Viçosa-MG. The treatments were five amounts of sorghum straw: 0, 5, 10, 20, and 30 t.ha⁻¹. A completely randomized design was used with four replications for each one of the cultures under study, with the plots consisting of trays. The sorghum straw was dried (14% moisture) in the shade, cut, weighed and placed on the soil surface. The soybean and maize seeds were planted 16 and 17 days after the application of the straw, respectively, being sowed at a depth of 3 cm. Two hundred soybean seeds (UFV-18) and one hundred seeds of maize (AG-1051) were sowed per tray. The following features of the soybean and maize plants were evaluate: emergence speed up to the 7th of sowing; weights of the fresh aerial part and its correspondent dry part up to the 18th day after the sowing; and the index " SPAD " (chlorophyll content) of the leaves on the 18th day after the planting. Between the 10th and the 16th day after sowing, the soybean plants were measured daily to study the influence of the amount of stray on the initial growth of the plants. To evaluate the emergence speed up to the 7th day of the sowing, the plants that emerged above the straw layer were quantified daily. After the daily observations of the emergencies, it was calculated the emergence percentages. Between the 10th and the 16th day after sowing, 10 plants/tray were marked randomly to measure their heights, from the level of the soil to the highest leaf. On the 18th day of sowing, the plants were cut, weighed, dried in a greenhouse with forced ventilation at 75°C until a constant weight was obtained and weighed again. All the soybean characteristics were harmed; however, the maize was less injured. The sorghum straw dose of 10 t. ha⁻¹ provided a greater growth from the 10 th to the 16 th days after sowing.

Key words: *Sorghum bicolor*, *Zea mays*, *Glycine max*, no-tillage.

INTRODUÇÃO

O sorgo é muito utilizado em rotação de cultura e na formação de palhada no sistema de plantio direto; porém tem sido constatado prejuízo às culturas no que se refere a algumas variáveis, como por exemplo a velocidade de emergência das plantas e seu crescimento inicial (13). Produtores rurais alegam que esta cultura “esgota” o solo, mas este problema pode estar associado com a liberação de substâncias alelopáticas no meio, com a palhada localizada na superfície do solo que dificulta a emergência das plântulas ou com a deficiência inicial de nitrogênio, provocada pelos microrganismos do solo. Quando a relação C/N da matéria orgânica do solo e, ou, da palhada for alta, os microrganismos necessitam de grande quantidade de nitrogênio para mineralizar a matéria orgânica, podendo causar, temporariamente, deficiência deste nutriente nas plantas e clorose das suas folhas e, ou, ainda outros fatores. Sendo assim, culturas que são cultivadas no sistema de plantio direto sob a palhada de sorgo podem ser prejudicadas.

Alelopatia é a interação bioquímica entre plantas (15) e, segundo Rice (17), a planta produz e libera no ambiente compostos químicos chamados de aleloquímicos, provocando efeitos prejudiciais ou benéficos sobre plantas da mesma e, ou, de outras espécies. Estes compostos possuem diversas funções nas plantas, como a prevenção da decomposição das sementes e interfere na dormência de sementes e de gemas vegetativas, podendo influenciar as relações com outras plantas (5).

Williamson (21) e Einhelling (7) comentaram sobre a dificuldade em separar os efeitos das substâncias alelopáticas de outros fatores envolvidos. Elas são liberadas através dos resíduos ou então os microrganismos do solo podem metabolizar os glicosídeos ou polímeros presentes nos tecidos das plantas, produzindo compostos fitotóxicos. A membrana plasmática das plantas perde a permeabilidade seletiva pouco tempo antes da sua morte, quando plantas suscetíveis entram em contato com substâncias alelopáticas. O fungo *Penicillium urticae*, por exemplo, produz a fitotoxina apatulina durante o processo de degradação de resíduos de trigo, causando toxicidade na cultura que a sucede (1).

Segundo Siqueira *et al.* (19), as substâncias alelopáticas interferem em algumas atividades vitais das plantas, como assimilação de nutrientes, fotossíntese, respiração, atividades enzimáticas, síntese de proteínas e permeabilidade de membranas celulares, principalmente a membrana plasmalema.

Segundo Einhelling e Souza (9), o sorgo possui substâncias aleloquímicas por todas as partes da planta. Guenzi e Mc Calla (10), por exemplo, isolaram quantidades substanciais de ácido ferúlico, p-cumárico, vanílico, siríngico e p-hidroxibenzóico do resíduo deste vegetal.

Einhelling (1995), citado por Einhelling (6), mencionou que o controle de plantas invasoras pelos efeitos alelopáticos do sorgo ocorre como resultado da presença dos glicosídeos cianogênicos, taninos, vários flavonóides, ácido fenólico (felúrico, *p*-cumárico, seríngico, válico) e a *p*-benzoquinona, conhecida como sorgoleona.

Bem-Hammound et al. (3), aplicando extratos aquosos contendo substâncias alelopáticas de diferentes partes da planta do sorgo em sementes de trigo, observaram a inibição da germinação desta cultura. Estes resultados têm efeito prático na utilização da rotação sorgo-trigo, podendo resultar na diminuição da produção do trigo.

Barbosa (2) identificou os constituintes químicos dos exsudados radiculares do sorgo BR 007A e avaliou seus efeitos alelopáticos sobre a alface AG 549 em placas de Petri e em cultivo hidropônico. O autor observou que estes exsudados radiculares prejudicaram as plantas sucessoras ao sorgo, principalmente as dicotiledôneas. Foram identificadas duas substâncias alelopáticas, a sorgoleona e a diidrosorgoleona, que, em concentrações baixas, reduziram o crescimento radicular da alface.

Segundo Gonzalez et al. (11), os herbicidas atrazine e diuron e a substância alelopática sorgoleona deslocam a quinona (Q_b) da proteína D_1 da cadeia de transporte de elétrons, bloqueando a passagem dos elétrons pelo sistema PSII nos cloroplastos. A quinona, ao receber elétron, torna-se plastoquinona (Q_bH), que tem a função de transferir os elétrons entre os fotossistemas II (P_{680}) e I (P_{700}). Einhelling (7) mencionou que substâncias alelopáticas provenientes do sorgo podem alterar vários aspectos fisiológicos de culturas subseqüentes ao seu cultivo.

Um eficiente método utilizado para se obterem indiretamente os níveis de nitrogênio (N) no solo é a avaliação da concentração de clorofila, ou a intensidade da coloração verde, que correlaciona positivamente com a concentração de N das folhas, pois grande parte deste nutriente nas folhas participa da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (20). O medidor portátil do modelo atualizado SPAD-502 (Minolta Camera) fornece a concentração de clorofila nas folhas, medindo indiretamente a concentração de N neste órgão das plantas. Ele possui diodos que emitem feixes de luz a 650 (vermelho) e 940 nm (infravermelho) através da folha, e com dois detetores pode-se medir a transmitância da luz através da mesma. O comprimento de onda de 650 nm situa-se entre os dois comprimentos de ondas associados com a atividade da clorofila (645 e 663 nm), sendo elevada a sua absorção pela clorofila e não é influenciado pela presença de pigmentos acessórios, como os carotenóides. O comprimento de onda de 940 nm atua como padrão interno, a fim de compensar diferenças quanto à espessura da folha, estado de turgescência e outro fatores. Assim, este instrumento quantifica a diferença entre a atenuação da

luz a 650 e 940 nm como um índice do tom da coloração verde ou da concentração de clorofila, as quais são expressas em unidades SPAD (Minolta Camera Co.,1989; citado por Guimarães et al. (12)).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes doses de palhada de sorgo como cobertura do solo sem incorporação sobre características de plantas de soja e milho, como: altura das plantas, pesos das partes aéreas seca e fresca, velocidade de emergência das plântulas, índice "SPAD" das folhas (teor de clorofila) e crescimento inicial de plantas de soja e milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa-MG, em 2000. Os tratamentos constaram de cinco quantidades da palhada de sorgo: 0, 5, 10, 20 e 30 t/ha, colocadas na superfície de solo. Foi utilizado o delineamento estatístico inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, nas culturas de soja e milho, sendo as parcelas constituídas de bandejas.

De acordo com a análise do solo, não houve necessidade de sua correção e fertilização, sendo ele peneirado e colocado em bandejas de 45 x 30 x 15 cm até atingir peso de 12 kg/unidade.

A palhada do sorgo, com 14% de umidade, foi seca na sombra, picada, pesada e colocada na superfície do solo. As sementes de soja e milho foram semeadas a uma profundidade de 3 cm, 16 e 17 dias após a aplicação da palhada, respectivamente. Utilizaram-se 200 sementes de soja (UFV-18) e 100 de milho (AG-1051) por bandeja. No momento do plantio, a palhada foi retirada da superfície do solo das bandejas e as sementes foram semeadas à profundidade uniforme, recobertas com o solo, e a palha foi devolvida para a superfície.

Avaliaram-se as seguintes características das plântulas de soja e milho: velocidade de emergência até o 7º dia após o plantio; peso das partes aéreas fresca e seca e teor de clorofila das folhas no 18º dia após o plantio. Foram também medidas diariamente as alturas de 10 plantas de soja/parcela escolhidas ao acaso, do nível do solo até a folha mais alta, no período do 10º ao 16º dia após o plantio, com a finalidade de estudar a influência das doses crescentes de palhada no crescimento inicial das plantas.

Para avaliar a velocidade de emergência foram quantificadas, diariamente, as plântulas emergidas acima da camada de palha até cessarem as emergências, no 7º dia após o plantio. Por meio da soma das

emergências diárias, calcularam-se as percentagens de emergência, e com a fórmula de Maguire (14) foi calculado o índice de velocidade de emergência (IVE), sendo:

$$\text{IVE} = E_1 / N_1 + (E_2 - E_1) / N_2 + (E_3 - E_2) / N_3 + \dots + E_n - E_{n-1} / N_n$$

em que:

IVE = índice de velocidade de emergência;

E_1, E_2, \dots, E_n = número de plântulas emergidas, computadas na primeira, segunda, ..., última contagem; e

N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias da semeadura à primeira, segunda, ..., última contagem.

No 18º dia após o plantio, os teores de clorofila das folhas de milho e soja foram quantificados antes das plantas serem cortadas, utilizando um medidor portátil (SPAD-502-Minolta Camera). Logo em seguida elas foram cortadas, pesadas imediatamente, secas em estufa com ventilação forçada à 65°C até peso constante e pesadas novamente.

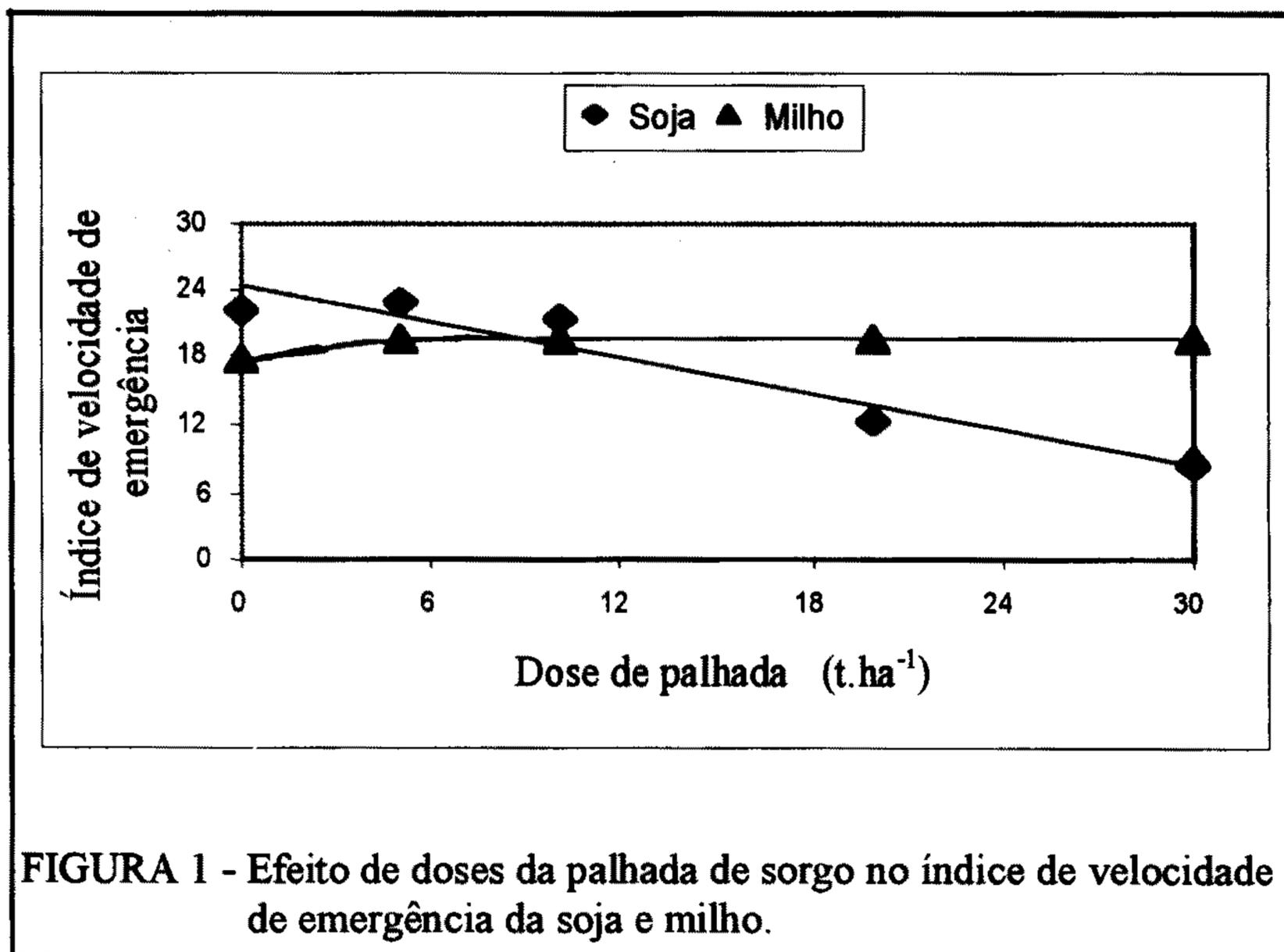
Os dados não foram transformados, em razão de terem apresentado homogeneidade (teste de Hartley) e normalidade (teste de Barlett) (16). As bandejas foram mudadas de posição ao acaso, diariamente, nas bancadas, e irrigadas quando a capacidade de campo chegava a 60%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A percentagem de emergência da soja decresceu linearmente com o aumento das doses de palhada na cultura da soja ($Y = 67,4811 - 1,62931 X$; $R^2 = 0,964$), porém a curva de regressão da percentagem de emergência do milho não foi significativa pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade.

A velocidade de emergência da soja foi prejudicada com o aumento das doses de palhada; porém, quanto ao milho, esta variável não foi afetada (Figura 1) (milho: $Y = 24,2839 - 0,5256 X$; $R^2 = 0,912$ e soja: $Y = 17,95 - 0,9123 X^{0,5} - 0,1165 X$; $R^2 = 0,996$). Isto ocorreu provavelmente porque a soja apresenta uma germinação (epígea), diferente da germinação do milho (hipógea), o que lhe confere maior dificuldade de emergência das plântulas.

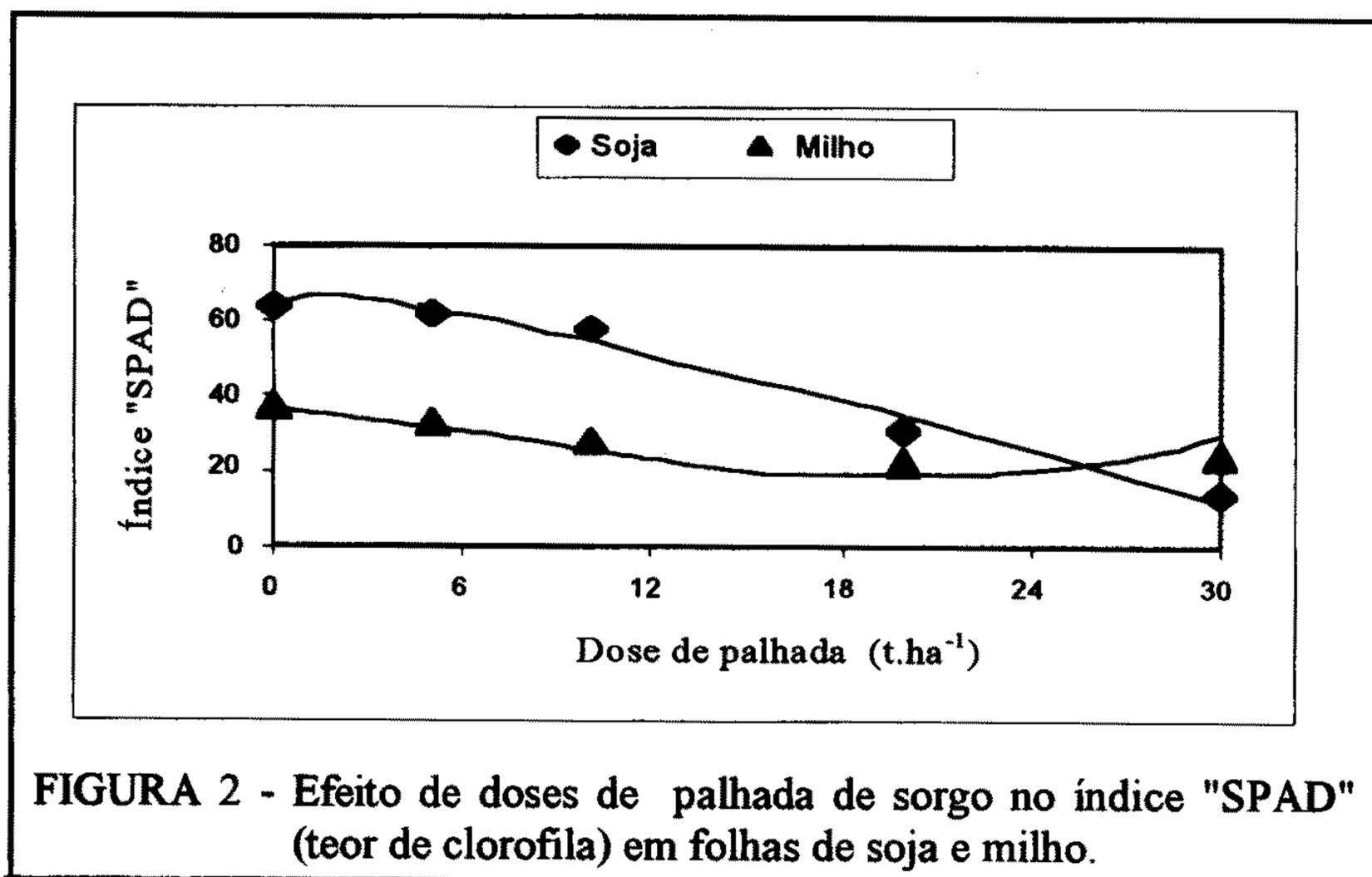
Quanto ao teor de clorofila (índice "SPAD"), as duas culturas sofreram decréscimos com o aumento das doses da palhada. Este índice para a cultura da soja, apesar de ter sido maior que o do milho, no tratamento sem palhada (índice próximo de 60), teve declínio acentuado com o aumento das doses de palhada (Figura 2) (milho: $Y = 36,479 - 1,1787X + 0,025293X^2$; $R^2 = 0,99$ e soja: $Y = 63,927 - 5,8669X^{0,5} - 2,8927X$; $R^2 = 0,984$).



Isso pode ser explicado, provavelmente, pela competição dos microrganismos do solo com as plantas pelo nitrogênio, provocada pela matéria orgânica de alta relação C/N da palhada do sorgo. Também podem ter ocorrido efeitos alelopáticos de substâncias presentes na palhada, ou ainda pela soma de fatores. Einhelling et al. (8) observaram que a substância sorgoleona inibiu o metabolismo do oxigênio em folhas de soja e a formação de cloroplastos em ervilha. Derpasch et al. (4) mencionaram o fato de a soja sofrer deficiências de nitrogênio e decréscimo no teor de clorofila das folhas, devido à atuação dos microrganismos ao ser plantada sob palhada com relação C/N alta, como a do sorgo. Estes fatores também podem explicar as causas dos efeitos deletérios deste tipo de palhada no crescimento das plantas e na diminuição dos pesos das partes aéreas seca e fresca em soja e ainda no aparecimento de clorose nas suas folhas.

De acordo com a equação de regressão do índice "SPAD" da soja, o maior índice foi de 64 na correspondente dose de palhada de 1,10 t.ha⁻¹.

O índice "SPAD" do milho teve decréscimo pouco acentuado com o aumento das doses de palhada, mostrando a tolerância desta cultura ao efeito prejudicial da palhada no teor de clorofila (Figura 2).



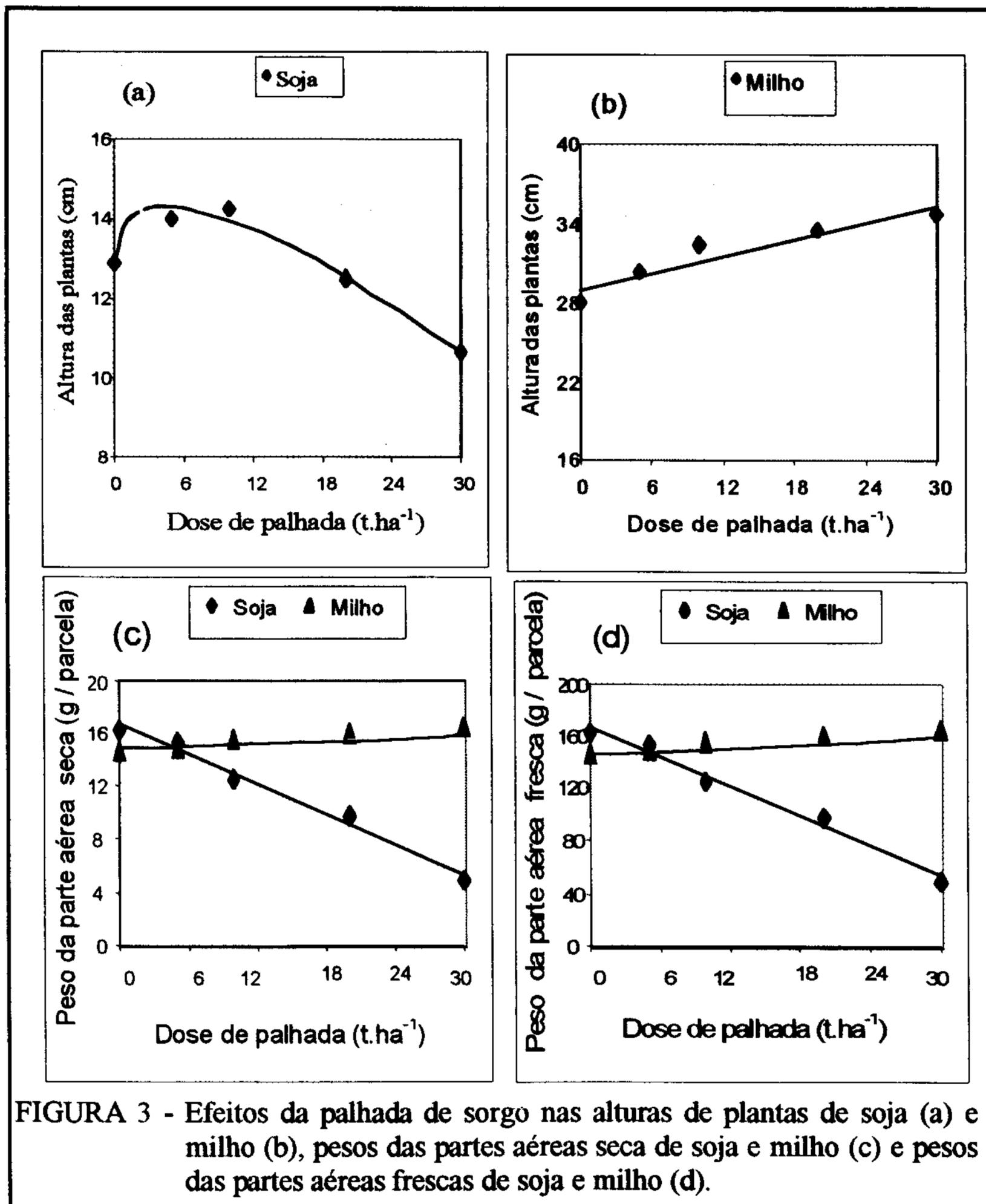
Segundo Gonzalez et al. (11), os modos de ação do herbicida atrazine e da substância alelopática sorgoleona são semelhantes, bloqueando a passagem dos elétrons pelo sistema PSII nos cloroplastos. Silva et al. (18) mencionam que o milho apresenta em suas raízes elevado teor de benzoxazinona, a qual causa rápida hidroxilação da molécula de atrazine, tornando esta cultura tolerante a este herbicida. Então, há possibilidade de existir tolerância da cultura do milho aos efeitos deletérios da substância sorgoleona, utilizando a mesma via metabólica da molécula de atrazine.

A Figura 3 mostra o efeito da palhada de sorgo sobre as alturas das plantas de soja (a) e de milho (b), pesos da parte aérea seca da soja e do milho (c) e os pesos da parte aérea fresca da soja e do milho (d).

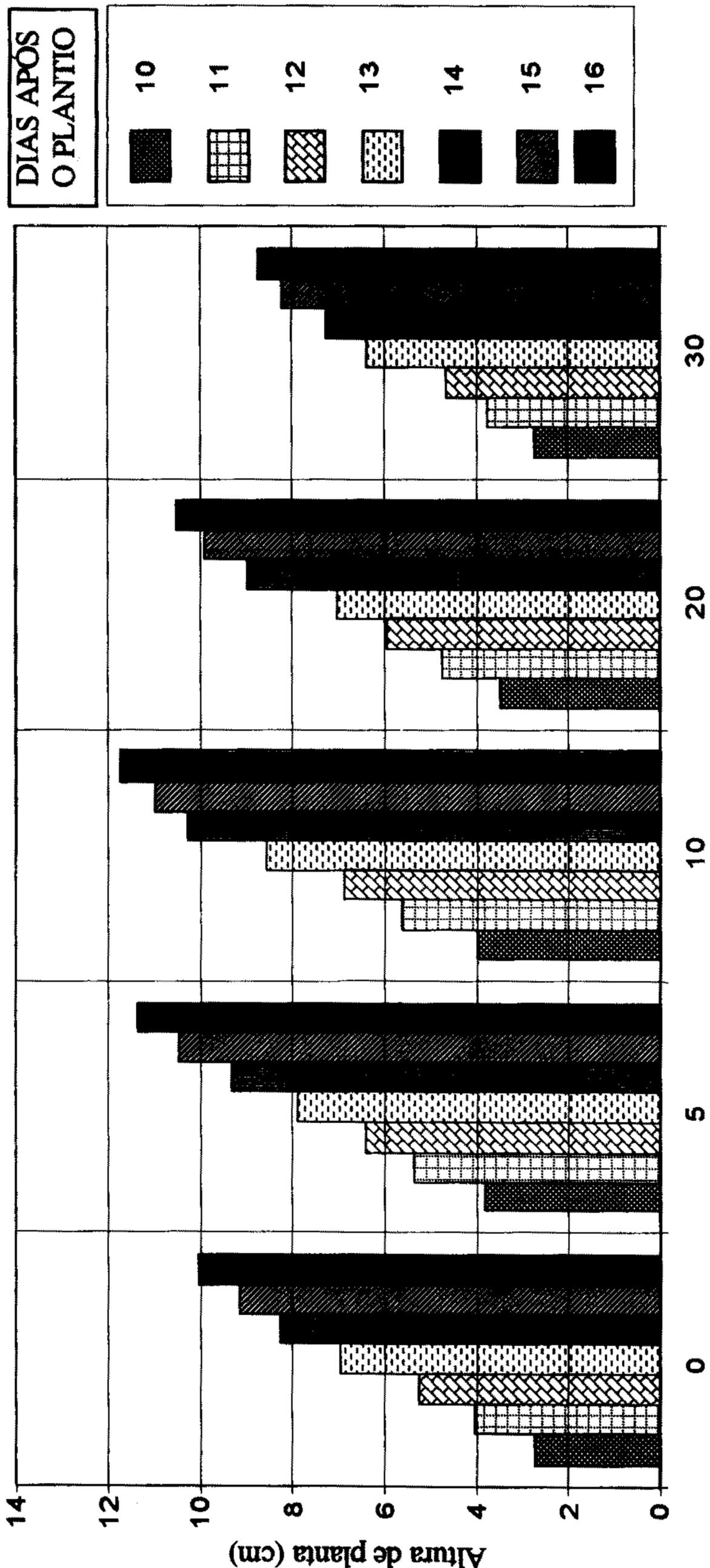
Considerando a equação de regressão ($Y=12,828+1,3705X^{0,5}-0,3219X$; $R^2=0,98$) da Figura 3 a, atingiram-se 14,29 cm de altura das plântulas de soja para uma quantidade de palhada de 4,53 t.ha⁻¹; a partir deste valor, à medida que se aumentaram as doses da palhada, a altura das plântulas diminuiu. Quanto ao milho, houve aumento de forma linear na altura das plântulas com o aumento das doses da palhada ($Y=29,00+0,20463X$; $R^2=0,90$) (Figura 3 b).

Os pesos das partes aéreas seca e fresca da soja diminuíram com o aumento das doses de palhada (parte aérea seca: $Y=18,4021-0,416121X$; $R^2=0,96$; parte aérea fresca: $Y=166,724-3,7672X$, $R^2=0,94$); porém, no caso do milho, estas características não foram prejudicadas, seguindo também uma função linear (parte aérea seca: $Y=13,033+0,0593X$, $R^2=0,91$; parte aérea fresca: $Y=145,873+0,6444X$, $R^2=0,94$) (Figuras 3c e 3d, respectivamente). Uma explicação sobre estes efeitos prejudiciais pode ser

também a presença de substâncias alelopáticas na palhada do sorgo, afetando mais o crescimento inicial da soja do que o do milho.



A Figura 4 mostra o efeito do aumento das doses de palhada de sorgo no crescimento de plantas de soja no período do 10º ao 16º dia após o plantio. A dose de palhada de 10 t.ha⁻¹ foi a que proporcionou maior crescimento das plantas de soja, enquanto doses extremas proporcionaram menores crescimentos.



Dose de palhada (t.ha⁻¹)

FIGURA 4 - Efeito de doses de palhada de sorgo sobre o crescimento inicial das plantas de soja, no período de 10° ao 16° dia após o plantio.

As sementes de soja foram plantadas 16 dias após a aplicação da palhada, mostrando que este prazo não foi suficiente para que os efeitos deletérios da palhada acabassem. Há necessidade de pesquisas para avaliar o intervalo de tempo ideal entre a formação da palhada e o plantio das culturas, de forma que as substâncias alelopáticas não estejam mais atuando ou que os microrganismos do solo não estejam competindo com a cultura pelo nitrogênio. Após efetuadas as pesquisas, os agricultores devem respeitar esse intervalo de tempo, quando a soja for plantada na palhada do sorgo, caso contrário, terá baixa população de plantas.

CONCLUSÕES

1) A palhada de sorgo localizada na superfície do solo, independentemente da quantidade aplicada, não traz efeitos deletérios ao milho.

2) A palhada de sorgo localizada na superfície do solo, independentemente da quantidade aplicada, traz efeitos deletérios à soja.

3) No planejamento das rotações de culturas e de palhadas no sistema de plantio direto, o agricultor deve levar em consideração os efeitos das palhadas nas culturas subseqüentes, principalmente na soja.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, F. S. A alelopátia e as plantas. Londrina, IAPAR, 1988. 60 p. (Circular 53).
2. BARBOSA, T. M. L. Potencial alelopático do sorgo "BR 007A" sobre a alface "AG-549". Viçosa, UFV, 1996. 64 p. (Tese de doutorado).
3. BEM-HAMMOUD, A. M.; KREMER, R. J.; MINOR, H. C. & SARWAR, M. Chemical basis for differential allelopathic potential of sorghum hybrids on wheat. *Journal of Chemical Ecology*, 21:775-86, 1995.
4. DERPASCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N. & KOPKE, U. Controle da erosão no Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. In: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) gMBh (ed.), 1990. 272 p.
5. DURIGAN, J. C. & ALMEIDA, F. L. S. Noções sobre a alelopátia. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1993. 28 p.
6. EINHELING, F. A. Mechanisms and modes of action of allelochemicals. In: Putnam, A. R. & Tang, C. S. (eds.). *The science of allelopathy*. New York, John Wiley & Sons, 1986. p. 171-88.
7. EINHELING, F. A. Interactions involving allelopathy in cropping systems. *Agronomy Journal*, 88: 886-93, 1996.
8. EINHELING, F. A.; RASMUSSEN, J. A.; HEJL, A. M. & SOUZA, I. F. Effect of root exudate sorgoleone on photosynthesis. *Journal of Chemical Ecology*, 19:369-75, 1993.
9. EINHELING, F. A. & SOUZA, I. F. Phytotoxicity of sorgoleone found in grain sorghum root exudates. *Journal of Chemical Ecology*, 18: 1-11, 1992.
10. GUENZI, W. D. & Mc CALLA, T. M. Phenolic acid in oats, wheat, sorghum and corn residues and their phytotoxicity. *Agronomy Journal*, 51:303-4, 1966.

11. GONZALEZ, V.M.J.; KAZIMIR, J.; NIMBAL, C.L., WESTON, L.A. & CHENIAE, G.M. Inhibition of a photosystem. II – Electron transfer reaction by the natural product sorgoleone. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45:1415-21, 1997.
12. GUIMARÃES, T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ, V.H. & MONNERAT, P. H. Determinação dos teores de nitrogênio na seiva do tomateiro por meio de medidor portátil. *Horticultura Brasileira*, 16: 144-51, 1998.
13. KLADIVKO, E. J. Residue effects on soil physical properties. In: Unger, P. W. (ed.). *Managing agricultural residues*. Bushalond, Texas, Lewis Publishers, 1994. p. 123-41.
14. MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2:176-7, 1962.
15. MOLISH, H. *Der Einfluss eine Pflanze auf die Andere: Allelopathie*. Jena, Fischer 1937. 106 p.
16. RIBEIRO JÚNIOR, J. I. *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa, UFV, 2001. 301 p.
17. IRICE, E. L. Allelopathy – An uptake. *Botanical Review*, 45:15-109, 1979.
18. SILVA, A. A. da; SILVA, J. F. da; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de & VARGAS, L. *Manejo de plantas daninhas*. Viçosa, UFV/Depart. de Fitotecnia., 1999. 209 p.
19. SIQUEIRA, J. O.; NAIR, M. G.; HAMMERSCHMIDT, R. & SAFIR, G. R. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems. *Critical Reviews in Plants Sciences*, 10:63-121, 1991.
20. TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Plant physiology*. Sunderland, Massachusetts Sinauer Associates, 1998. 792 p.
21. WILLIAMSON, G. B. Perspective on plant competition. In: Grace, J. B. & Tilmand, *Allelopathy, Koch's postulates, and the Neck Riddle*. San Diego, Academic Publishers, 1990. p.143-62.