

AROLDO FERREIRA LOPES MACHADO

BIOLOGIA E CONTROLE QUÍMICO DE *Digitaria insularis* (L.)

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M149b  
2005

Machado, Aroldo Ferreira Lopes, 1977-  
Biologia e controle químico de *Digitaria insularis* (L.)  
/ Aroldo Ferreira Lopes Machado. – Viçosa : UFV, 2005.  
xi, 45f. : il. ; 29cm.

Orientador: Lino Roberto Ferreira.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Ervas daninhas - Controle. 2. Ervas daninhas -  
Anatomia. 3. *Digitaria insularis* - Biologia.  
4. Capim-amargoso. I. Universidade Federal de Viçosa.  
II. Título.

CDD 22.ed. 632.5

Ao meu amor, Solange, por me mostrar o maior de todos os sentimentos.

Aos meus pais, José Inèz e Helena, por terem me ensinado tudo sobre respeito, humildade e como agradecer a Deus pela vida.

Aos meus irmãos, Lúcia Helena, José Eduardo e Hécio, e aos sobrinhos, Lucas, Pedro e André, pelos quais tenho o maior orgulho e admiração.

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, senhor de todos os meus passos.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Fitotecnia e de Biologia Vegetal, pela oportunidade em cursar o mestrado e realizar este trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Capes), pelo suporte financeiro concedido durante a realização deste curso.

Ao professor Lino Roberto Ferreira, pela orientação e amizade, sem as quais este trabalho não se concretizaria.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia, em especial a Francisco Affonso Ferreira e Antônio Alberto, que, juntamente com o professor Lino, muito me ensinaram sobre a ciência das plantas daninhas.

Aos professores Lino Roberto Ferreira, Francisco Affonso Ferreira, Antônio Américo Cardoso e Renata Maria Strozi Alves Meira, pelas sugestões e pela atenção.

Ao técnico do Laboratório de Herbicida da UFV, Luiz Henrique pela amizade e pelo valioso apoio.

Aos amigos e companheiros de trabalho, Cíntia, Leonardo, Francisco Cláudio e Adriano Jakelaitis, pela valiosa ajuda e pelo apoio durante a realização deste trabalho.

Aos meus primos Miller e Mairon e ao meu irmão Hércio, pela ajuda durante a realização deste trabalho.

À minha irmã Lúcia Helena, pela valiosa contribuição na revisão do Português.

A todos os colegas dos Laboratórios de Herbicida na Planta, Rafael Pará, Rafael Gaúcho, Pedro, Vinícius, Barbosa, Edinho, Evander, Marcelo, Alessandra e Willian, pelo agradável convívio.

Aos amigos de república (OS LARGADO), Bruno, Márcio, Schineider e João Paulo, pela convivência saudável durante esta jornada, e aos amigos do alojamento 1421, que sempre me receberam de braços abertos.

## **BIOGRAFIA**

AROLDO FERREIRA LOPES MACHADO, filho de José Inèz Lopes Machado e Helena Maria Ferreira, nasceu em 22 de março de 1977, em Canaã, Minas Gerais.

Ingressou na Universidade Federal de Lavras em 1997, transferindo-se para a Universidade Federal de Viçosa em 1999, onde se graduou Engenheiro-Agrônomo em março de 2003. Em agosto do mesmo ano, iniciou o curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, pela Universidade Federal de Viçosa, na área de Plantas Daninhas, Alelopatia, Herbicidas e Resíduos, submetendo-se à defesa da dissertação em julho de 2005.

## ÍNDICE

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	01
1.1 Literatura Citada.....	04
2. ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE <i>Digitaria insularis</i> .....	06
2.1 Abstract.....	07
2.2 Introdução.....	08
2.3 Material e Métodos.....	09
2.4 Resultados e Discussão.....	10
2.5 Literatura Citada.....	17
3. CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA FOLHA, COLMO E RIZOMA DE <i>Digitaria insularis</i> .....	19
3.1 Abstract.....	20
3.2 Introdução.....	21
3.3 Material e Métodos.....	22
3.4 Resultados e Discussão.....	24
3.5 Literatura Citada.....	32
4. EFICIÊNCIA DE GLYPHOSATE NO CONTROLE DE <i>Digitaria insularis</i> SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE DE SOLO.....	34
4.1 Abstract.....	35
4.2 Introdução.....	35

4.3 Material e Métodos.....	37
4.4 Resultados e Discussão.....	40
4.5 Literatura Citada.....	43
5. <i>RESUMOS E CONCLUSÕES</i> .....	44

## RESUMO

MACHADO, Aroldo Ferreira Lopes, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2005.  
**Biologia e controle químico de *Digitaria insularis* (L.)**. Orientador: Lino Roberto Ferreira. Conselheiros: Francisco Affonso Ferreira, Antonio Américo Cardoso e Renata Maria Strozi Alves Meira.

*Digitaria insularis* é uma espécie perene, que se reproduz por sementes e rizomas, infestando lavouras de café e outras, onde é considerada uma espécie daninha de difícil controle. Observações a campo, em áreas onde há uso contínuo de glyphosate, têm constatado que plantas originárias de sementes, quando jovens, são controladas pelo herbicida, no entanto, quando as plantas se desenvolvem e formam rizomas, seu controle é ineficiente. Com os objetivos de estudar aspectos da biologia de *Digitaria insularis* que possam influenciar no seu manejo e avaliar o efeito de doses crescentes de glyphosate em diferentes condições de estresse hídrico no solo no controle desta espécie, foram conduzidos três experimentos em casa de vegetação. No primeiro, através de análise de crescimento, observou-se que o acúmulo de massa seca das plantas de *Digitaria insularis* foi lento até 45 DAE, com rápido crescimento a partir dos 35 DAE, principalmente de raízes, o que pode ser atribuído à formação dos rizomas. A área foliar máxima foi atingida

aos 98 DAE, e a massa seca máxima, aos 105 DAE. No segundo experimento, objetivou-se caracterizar a anatomia de *Digitaria insularis*, observando-se características anatômicas que influenciam a eficiência do glyphosate. Foi verificado que plantas provenientes de rizomas apresentavam maior índice estomático e maior número de estômatos por mm<sup>2</sup>, maior espessura da epiderme nas faces adaxial e abaxial e maior espessura da lâmina foliar. Constatou-se, nos rizomas, grande quantidade de amido. No terceiro experimento, avaliou-se o controle de plantas *Digitaria insularis*, cultivadas em vasos, pelo glyphosate nas doses de 0, 540, 1.080, 1.620 e 2.160 g e.a. ha<sup>-1</sup> nas condições de umidade do solo de 80, 70, 60 e 50% da capacidade de campo. As plantas foram cortadas e, após a rebrota da parte aérea, quando se apresentavam em pleno desenvolvimento vegetativo, submetidas às várias condições de umidade de solo por 15 dias, até aplicação do herbicida, sendo mantidas nessas condições até o segundo dia após aplicação do herbicida. A eficiência de controle aumentou com a dose do herbicida para cada condição de umidade de solo na avaliação realizada aos 7 DAA. Todavia, aos 14 DAA, com exceção da dose zero, as demais apresentavam controle total da espécie em todas as condições de umidade do solo, não ocorrendo rebrota das plantas tratadas com o glyphosate. Novos estudos, com períodos maiores de estresse, deverão ser realizados para melhor entendimento do efeito do estresse hídrico, usando plantas provenientes de sementes e rizomas.

## ABSTRACT

MACHADO, Aroldo Ferreira Lopes, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July, 2005.

**Biology and chemical control of *Digitaria insularis* (L.).** Adviser: Lino Roberto Ferreira. Committee members: Francisco Affonso Ferreira, Antonio Américo Cardoso and Renata Maria Strozi Alves Meira.

*Digitaria insularis*, a perennial species that reproduces from seeds and rhizomes, infesting coffee plantations and other crops, is considered an invasive species of difficult control. Field observations, in areas where there is continuous use of glyphosate, have demonstrated that young plants derived from seeds are controlled by the herbicide, however, when the plants grow and form rhizomes the control is inefficient. Three experiments were conducted in greenhouse with the objectives of studying aspects of the biology of *Digitaria insularis* that may affect its management and to evaluate the effect of growing doses of glyphosate on its control in different conditions of water stress in the soil. In the first experiment the growth analysis showed that the dry mass accumulation of *Digitaria insularis* was slow until 45 DAE. From this day on, fast growth starting from 35 DAE occurred mainly in the roots, which can be attributed to rhizome formation. The maximum foliar area was reached at 98 DAE, and the maximum dry mass at 105 DAE. The second experiment was aimed at characterizing the anatomy of *Digitaria insularis* and the study of anatomical characteristics that influence the efficiency of glyphosate. It was verified that plants derived from rhizomes had higher stomatal index and larger number of

stomata per mm<sup>2</sup>, thicker adaxial and abaxial face epidermis and thicker leaf lamina. Also, a great amount of starch was found in the rhizomes. In the third experiment, the control of *Digitaria insularis* cultivated in vases by glyphosate was evaluated for the doses 0, 540, 1.080, 1.620 and 2.160 g e.a. ha<sup>-1</sup>, in the conditions of 80, 70, 60 and 50 % humidity of the soil field capacity. The plants were cut, and after the regrowth of the aerial part, during the vegetative development, the plants were subjected to the several conditions of soil humidity for 15 days, until the herbicide application. The plants were kept under these conditions until the second day after herbicide application. The efficiency of the control increased with the dose of the herbicide for each condition of soil humidity in the evaluation carried out at 7 DAA. However, at 14 DAA, except at zero dose, the other doses gave total control of the species in all conditions of soil humidity, with no occurrence of regrowth of plants treated with glyphosate. More studies using plants derived from seeds and rhizomes, with longer periods of stress, should be undertaken to better understand water stress effects.

## 1. INTRODUÇÃO

*Digitaria insularis* (L.) Fedde (capim-amargoso) é uma espécie perene, herbácea, entouceirada, ereta e rizomatosa que se propaga por sementes e por meio de curtos rizomas (Kissmann & Groth, 1997; Lorenzi, 2002).

A importância de *Digitaria insularis* como espécie daninha se deve à sua grande capacidade de sobreviver e multiplicar-se em ambientes diversificados, à persistência em áreas cultivadas e à dificuldade de controle. Em lavouras onde há presença dessa espécie e o herbicida glyphosate vem sendo aplicado repetidamente o controle não tem sido eficiente. Acredita-se que os rizomas formados pelas plantas sejam ricos em amido, constituindo uma barreira para translocação de herbicidas e fonte de reserva para as plantas, permitindo assim a rápida rebrota das plantas tratadas. Tuffi Santos et al. (2004), comparando *Commelina diffusa* e *C. benghalensis*, verificaram que a tolerância ao herbicida glyphosate era maior na primeira, devido à maior quantidade de amido encontrado no caule.

Estudos de crescimento de plantas são freqüentemente utilizados para o conhecimento da ecologia de diferentes espécies e para análise comparativa entre espécies daninhas e culturas (Radosevich & Holt, 1984; Dunan & Zimdahl, 1991; Christoffoleti et al., 1997; Christoffoleti, 2001). As taxas de crescimento podem refletir a habilidade e a hierarquia competitiva das espécies na comunidade vegetal (Roush & Radosevich, 1985), e

a magnitude da taxa de crescimento relativo (TCR) pode refletir o tipo de ambiente de origem das espécies daninhas (Grime & Hunt, 1975).

O glyphosate [N-(fosfonometil) glicina] é um herbicida sistêmico e não-seletivo, podendo ser formulado como sal de amônio, sal de isopropilamina ou sal potássico. Seu mecanismo de ação se baseia na interrupção da rota do ácido chiquímico, responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos essenciais fenilalanina, tirosina e triptofano (Hess, 1994). Reduções na síntese desses aminoácidos interferem na síntese de proteínas e, subseqüentemente, acarretam menor crescimento da planta (Hess, 1994). O glyphosate é amplamente usado na agricultura, principalmente em sistema de plantio direto, culturas transgênicas, renovação ou eliminação de pastagens e controle de plantas daninhas em culturas perenes, como café, citros e seringueira. As diferentes formulações desse herbicida podem influenciar a velocidade de absorção e translocação de seu ingrediente ativo, assim como a eficácia de controle das espécies daninhas (Jakelaitis et al., 2001).

As diferenças na suscetibilidade de espécies daninhas a herbicidas têm sido atribuídas ao estágio de desenvolvimento da planta, a diferenças na morfologia (área e forma do limbo, ângulos ou orientação das folhas em relação ao jato de pulverização), à anatomia foliar (presença de estômatos na superfície adaxial, presença de pêlos, espessura e composição da camada cuticular) e às diferenças na absorção, na translocação, na compartimentalização e no metabolismo da molécula herbicida (Dall'Armellina & Zimdahl, 1989; Westwood et al., 1997; Vargas et al., 1999; Tuffi Santos et al., 2004).

A eficiência de qualquer herbicida depende de sua absorção e translocação até o sítio de ação. A absorção é influenciada, tanto física como biologicamente, pela temperatura, luminosidade e umidade do ar e do solo. Em termos fisiológicos, a umidade influencia o *status hídrico* da planta e, assim, a abertura estomática e a permeabilidade da cutícula (Hammerton, 1967).

Em condição de estresse hídrico, o crescimento e a divisão celular das plantas são inibidos. Aumento na deficiência hídrica resulta num fechamento gradual dos estômatos e eventualmente numa rápida queda na fotossíntese, acompanhada por declínio gradual na respiração e eventual murchamento. Concomitantemente, ocorrem mudanças no nível de reguladores de crescimento endógenos, enzimas e alterações nas características das membranas e cutícula, resultando em plantas menores com morfologia alterada (Noosavi-

nia & Dore, 1979). De modo geral, o estresse hídrico prolongado pode levar a aumento na espessura e densidade da cutícula e da pubescência, reduzindo, conseqüentemente, a absorção, a translocação e o metabolismo de herbicidas. Uma breve exposição ao estresse hídrico torna a cutícula menos permeável à água, diminuindo o contato da gota pulverizada com a folha e, assim sua molhabilidade.

A umidade do solo pode condicionar direta ou indiretamente a eficiência de um herbicida. No caso da aplicação de herbicidas em pós-emergência das plantas daninhas, o conteúdo de água no solo influencia o estado hídrico das plantas e o microclima ao redor destas, condicionando a absorção e translocação de herbicidas. Hay (1976) observou que a eficiência do 2,4-D dependia da umidade do solo no momento da aplicação do herbicida. Resultados semelhantes foram encontrados por Walia & Gill (1985) com uréias substituídas e por Harvey & Crothers (1998) e Zhang & Price (1993) para glyphosate.

Objetivou-se, com este trabalho, estudar aspectos da biologia de *Digitaria insularis* que pudessem influenciar o seu manejo e avaliar a eficiência de doses crescentes de glyphosate no controle de plantas dessa espécie, crescidas sob diferentes condições de estresse hídrico.

## 1.1 LITERATURA CITADA

- CHRISTOFFOLETI, P. J.; WEDTRA, P.; III, M. Growth analysis of sulfonyleurea-resistant and susceptible kochia (*Kochia scoparia*). **Weed Sci.**, v.45. p.691-695, 1997.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. Análise comparativa do crescimento de biótipos de picão-preto (*Bidens pilosa*) resistente e susceptível aos herbicidas inibidores de ALS. **Planta Daninha**, v.19, n.1, p. 75-84, 2001.
- DALL'ARMELLINA, A. A.; ZIMDAHL, R. L. Effect of watering frequency, drought, and glyphosate on growth of field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Sci.**, v.37, p.314-318, 1989.
- DUNAN, C.; ZIMDAHL, R. L. Competitive ability of wild oats (*Avena fatua*) and spring barley (*Hordeum vulgare*). **Weed Sci.**, v.39, p.558-563,1991.
- GRIME, J. P.; HUNT, R. Relative growth-rate: its range and adaptive significance in local flora. **Ecology**, v.63, n. 2, p. 393-422, 1975.
- HAMMERTON, J. L. Environmental factors and susceptibility to herbicides. **Weeds**, v.15, p. 330-336, 1967.
- HARVEY, B. M. R.; CROTHERS, S. H. Effects of water stress on uptake and efficacy of glyphosate. **Ann. Appl. Biol.**, v. 113, n.1, p.61-68, 1998.
- HAY, J. R. Herbicide transport in plants. In: Audus, L. J. (Ed.) **Herbicides 2**; ed. **Londo, Academic Press**, 2: ed., v.1, p.365-396, 1976.
- HESS, F.D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: **Herbicide action**- an intensive course on the activity, selectivity, behavior and fate of herbicides in plants and soil. West Lafayette: Purdue University, 1994. p. 344- 365.
- JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A.; MIRANDA, G.V. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glyphosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Daninha**, v.19, n.2, p.279-285, 2001.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo I. São Paulo: BASF Brasileira, 1997. p.675 –678.

- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 4° ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 336 p.
- NOOSAVI-NIA, H. R.; DORE, J. Factors affecting glyphosate activity in *Imperata cylindrica* (L) Beau and *Cyperus rotundus* effects of soil moisture. **Weed Res.**, v.19, p.321-327, 1979.
- RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S. **Weed ecology**: implications for management. New York: John Wiley & Sons, 1984. p. 93-193.
- ROUSH, M. L.; RADOSEVICH, S. R. Relationships between growth and competitiveness of four annual weeds. **J. Appl. Ecol.**, v. 22, p. 895-905, 1985.
- TUFFI SANTOS, L. D.; MEIRA, R. M. S. A.; SANTOS, I. C.; FERREIRA, F. A. Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *Commelina diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta Daninha**, v.22, n. 1, p. 101-108, 2004.
- VARGAS, L.; SILVA, A. A.; BORÉM, A.; REZENDE, S. T.; FERREIRA, F. A.; SEDIYAMA, T. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Viçosa: UFV, 1999. 131 p.
- WALIA, U. S.; GILL, H. S. Influence of variable levels of soil moisture and spray volume on the bioefficacy of substituted urea herbicides for control of *Phalaris minor* rets in nutrient. **J. Res.**, v.22, n.3, p.443-448,1995.
- WESTWOOD, J. H.; YERKES, C. N.; DEGENNARO, F. P.; WELLER, S. C. Absorption and translocation of glyphosate in tolerant and susceptible biotypes of field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Sci.**, v.45, p.658-663, 1997.
- ZANG, C. X.; PRICE, C. E. Effects of salinity and soil moisture stress on the uptake, translocation and biological activity of glyphosate in *Echinochloa crusgalli*. **Proceedings of Brighton Crop Protection Conference**. v.2, p. 641-642, 1993.

## 2. ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE *Digitaria insularis*

### GROWTH ANALYSIS OF *Digitaria insularis*

#### RESUMO

*Digitaria insularis* é uma espécie perene, que se reproduz por sementes e rizomas, sendo de difícil controle após a primeira floração. Visando definir técnicas para o manejo integrado desta espécie, o seu crescimento foi avaliado em casa de vegetação, em recipiente plástico contendo 0,003 m<sup>3</sup> de solo. Avaliações de seu crescimento (altura, área foliar e massa seca) foram realizadas em 15 épocas, dos 14 aos 112 dias após a emergência (DAE), em intervalos regulares de sete dias. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. As plantas foram fragmentadas em raiz + rizoma, colmo e folha. Posteriormente, determinou-se a área foliar e a massa seca das diferentes partes após secagem a 70<sup>0</sup>C em estufa de ventilação forçada, até massa constante. A área foliar máxima foi atingida aos 98 DAE, e a massa seca máxima, aos 105 DAE. As folhas apresentaram maior participação no acúmulo de massa seca total das plantas, seguido pelas raízes+rizomas, até os 105 DAE. O acúmulo de massa seca das plantas de *Digitaria insularis* foi lento até 45 DAE. A partir dessa época, verificou-se rápido acúmulo de massa seca nas raízes, o que pode ser atribuído à formação dos rizomas. Os valores da taxa de crescimento relativo (TCR) foram decrescentes com o tempo, devido à maior alocação de fotoassimilados para estruturas formadas com o desenvolvimento da

planta. *Digitaria insularis* apresenta crescimento lento até 45 DAE, sendo este rápido a partir dos 45 até os 105 DAE, sugerindo a possibilidade de bom controle cultural dessa espécie por culturas que tenham crescimento inicial rápido, grande área foliar e que cubram rapidamente o solo.

**Palavras-chave:** taxa de crescimento, planta daninha, capim-amargoso.

## 2.1 ABSTRACT

*Digitaria insularis* is a perennial species with reproduction by seeds and rhizomes, which is difficult to control after the first flowering. In order to develop techniques for the integrated management of this species, a study of its development was carried out in greenhouse, using plastic containers with 0.003 m<sup>3</sup> of soil. Growth evaluations (height, foliar area and dry mass) were carried out in 15 stages, from 14 to 112 days after emergence (DAE), in regular intervals of seven days. The experimental design was entirely randomized, with four repetitions. The plants were separated in root + rhizome, stem and leaf. Later, the foliar area and dry mass of the different parts were determined after drying at 70°C in a ventilated greenhouse, until they reach constant mass. The maximum foliar area was reached at 98 DAE, and the maximum dry mass at 105 DAE. The leaves showed larger participation in the accumulation of total dry mass by the plants, followed by roots + rhizomes, up to 105 DAE. Dry mass accumulation by *Digitaria insularis* was slow up to 45 DAE. From this day on, fast dry mass accumulation occurred in the roots, which can be attributed to rhizome formation. The values of relative growth rate (RGR) decreased with the time, due to the largest allocation of photoassimilates to structures formed during the plant development. *Digitaria insularis* shows a slow growth until 45 DAE, then it becomes fast from 45 to 105 DAE, suggesting the possibility of good control of this species by fast growing crops, with large foliar area and quick soil covering.

**Key words:** growth rate, weeds, *Digitaria*.

## 2.2 INTRODUÇÃO

Estudos de crescimento de plantas têm sido freqüentemente utilizados para o conhecimento da ecologia de diferentes espécies e para análise comparativa entre espécies daninhas e culturas (Radosevich & Holt, 1984; Dunan & Zimdahl, 1991; Christoffoleti et al., 1997; Christoffoleti, 2001). As taxas de crescimento podem refletir a habilidade e a hierarquia competitiva das espécies na comunidade vegetal (Roush & Radosevich, 1985), e a magnitude da taxa de crescimento relativo (TCR) pode refletir o tipo de ambiente de origem das plantas daninhas (Grime & Hunt, 1975).

É importante o estudo do comportamento biológico/ecológico das espécies daninhas a fim de traçar estratégias de manejo para elas. Vários fatores influenciam a probabilidade de infestação de uma área, como adaptabilidade ecológica e prolificidade de indivíduos, longevidade e dormência das sementes e de outros propágulos, freqüência na utilização de herbicidas de único mecanismo de ação e sua persistência, eficácia do herbicida e métodos adicionais empregados no controle das espécies daninhas (Gressel & Segel, 1990).

As diferentes espécies e cultivares de plantas apresentam capacidades diferenciadas de competir com as plantas daninhas. Vigor vegetativo, área foliar e taxa de absorção de nutrientes nos estádios iniciais de crescimento são características altamente significativas relacionadas com habilidade competitiva (Kawano et al., 1974).

A análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise de produção primária, caracterizando-se, portanto, como o elo entre o simples registro de rendimento das culturas e a análise destes por meios fisiológicos. Por meio dessa análise podem-se conhecer adaptações ecológicas das plantas a novos ambientes, a competição intra-específica, efeitos de sistemas de manejo e capacidade produtiva de diferentes genótipos (Rodrigues et al., 1995). Ademais, a análise de crescimento, representa a referência inicial na análise de produção das espécies vegetais e seu uso requer informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados.

O capim-amargoso (*Digitaria insularis*) é uma espécie perene, herbácea, entouceirada, ereta, rizomatosa, de colmos estriados, com 50 a 100 cm de altura (Kissmann & Groth, 1997). Observações a campo, em áreas onde há uso contínuo de glyphosate, têm constatado que plantas originárias de sementes, quando jovens, são controladas pelo

herbicida, contudo, quando elas se desenvolvem e formam rizomas, seu controle é ineficiente.

Neste trabalho, objetivou-se estudar as principais características do crescimento de *Digitaria insularis*, levando em consideração a importância que apresentam esses estudos para o conhecimento da ecologia dessa espécie.

## 2.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, nos meses de abril a agosto de 2004.

Sementes de *Digitaria insularis* foram coletadas a campo e colocadas para germinar em bandejas plásticas contendo substrato orgânico “PLANT MAX”. Quando as plântulas emergiram, sete dias após a semeadura, foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade para 0,003 m<sup>3</sup>, contendo solo de textura argilosa previamente adubado com 10 kg m<sup>-3</sup> de NPK na proporção de 8-28-16. As irrigações foram realizadas diariamente, mantendo-se o solo próximo a 80% da capacidade de campo. A cada 15 dias realizavam-se adubações, diluindo 20 g do fertilizante “Ouro Verde” em 10 L de água e aplicando 100 mL por vaso.

Os tratamentos foram constituídos por épocas de coletas das plantas, realizadas em intervalos regulares de sete dias, dos 14 aos 112 DAE (dias após a emergência das plantas). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 15 tratamentos e 4 repetições, sendo os vasos distribuídos aleatoriamente na casa de vegetação e suas posições alternadas semanalmente.

Após a medição de altura com régua milimetrada, as diferentes partes das plantas (raiz + rizomas, colmo e folhas) foram separadas. A área foliar foi obtida pelo medidor de área Li-cor Instruments (modelo LI 3100). Em seguida, a massa seca das diferentes partes foi obtida após secagem em estufa de ventilação forçada a 70 °C, até massa constante.

Com base nos resultados de área foliar e massa seca acumulada, foram determinadas para cada época de avaliação a taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação

líquida (TAL), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF), seguindo fórmulas sugeridas por Benincasa (2003).

A TCR expressa o crescimento da planta em um intervalo de tempo, em relação à biomassa seca acumulada no início desse intervalo, sendo calculada pela fórmula:  $TCR = (\ln P_n - \ln P_{n-1}) / (T_n - T_{n-1})$ , em que  $\ln P_n$  é o logaritmo neperiano da biomassa seca acumulada até a avaliação n;  $\ln P_{n-1}$  é o logaritmo neperiano da biomassa seca acumulada até a avaliação n-1;  $T_n$  é o número de dias após a emergência por ocasião da avaliação n; e  $T_{n-1}$  é o número de dias após a emergência por ocasião da avaliação n-1.

A TAL representa a taxa de fotossíntese líquida e é determinada pela relação entre as biomassas secas produzidas por área foliar da planta, por um determinado intervalo de tempo, sendo calculada pela fórmula  $TAL = [(P_n - P_{n-1}) / (T_n - T_{n-1})] \cdot [(\ln A_n - \ln A_{n-1}) / (A_n - A_{n-1})]$ , em que  $A_n$  é a área foliar da planta por ocasião da avaliação n; e  $A_{n-1}$  é a área foliar da planta por ocasião da avaliação n-1.

A RAF representa a relação entre a área responsável pela realização de fotossíntese e a biomassa seca total produzida, sendo calculada pela fórmula  $RAF = A_n / P_n$ , em que  $A_n$  é a área foliar da planta por ocasião da avaliação n e  $P_n$  é a biomassa seca acumulada até a avaliação n. A RPF representa a relação entre a biomassa seca das folhas e a biomassa seca total da planta, sendo calculada pela fórmula  $RPF = Pf_n / P_n$ , em que  $Pf_n$  é a biomassa seca das folhas por ocasião da avaliação n e  $P_n$  é a biomassa seca acumulada até a avaliação n.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão e o modelo foi escolhido levando-se em consideração a lógica do fenômeno biológico e o valor do coeficiente de determinação.

## 2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas de *Digitaria insularis* apresentaram crescimento inicialmente lento até os 45 dias após o transplantio (DAE). Dos 45 aos 105 (DAE) o crescimento foi acelerado e, após 105 dias da emergência, apresentou decréscimo acentuado, em decorrência da senescência foliar (Figura 1). O mesmo comportamento foi observado para raiz+rizoma, colmo e folha (Figura 1).

As plantas de *D. insularis* iniciaram o período reprodutivo entre 63 e 70 DAE, com o aparecimento de inflorescência. Apesar da grande quantidade de sementes formadas por planta, não foi de interesse separar a parte reprodutiva (inflorescência) das folhas. Portanto, as diferentes partes de *Digitaria insularis* estão representadas apenas por raízes+rizomas, colmos e folhas.

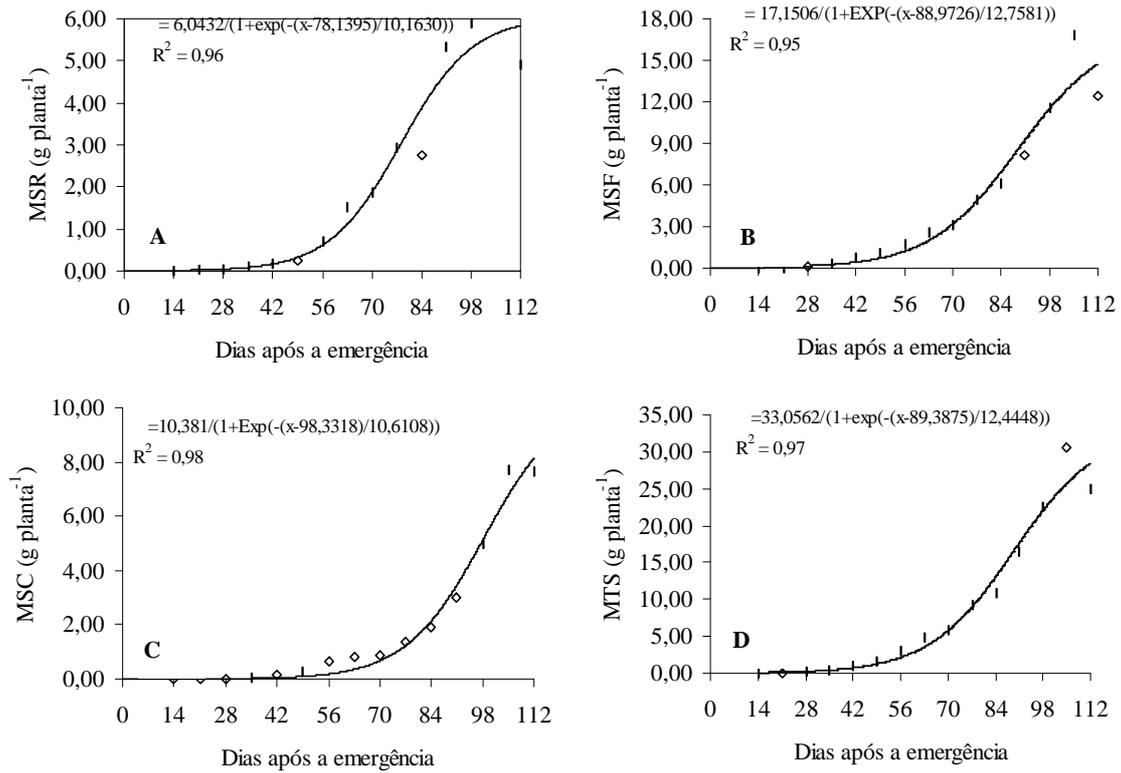


Figura 1- Acúmulo de massa seca. A - raízes+rizomas (MSR); B - folha (MSF); C-colmo (MSC); D - total (MTS) de *Digitaria insularis* ao longo de seu ciclo de desenvolvimento.



Figura 2- Sistema radicular de plantas de *Digitaria insularis* aos 45 dias após a emergência.  
A – visão geral; B – detalhes dos rizomas formados.

Na fase intermediária, o rápido incremento de massa seca das raízes a partir dos 45 DAE se deve à formação dos rizomas (Figura 2), que são órgãos de reservas das plantas, e a estabilização no final do ciclo se deveu à redução da área foliar e senescência da parte aérea.

O acúmulo máximo de massa seca total de *D. insularis* foi de  $30,66 \text{ g planta}^{-1}$ , valor inferior ao de outras espécies daninhas, como *Senna obtusifolia* (Erasmu et al., 1997), *Commelina benghalensis* (Rodrigues et al., 1995), *Acanthospermum hispidum* (Andreani Jr., 1995) e *Hyptis suaveolens* (Gravena et al., 2002), plantas do grupo C<sub>3</sub>. Esse menor acúmulo de massa seca, quando comparado ao de outras espécies, se deveu provavelmente às condições de temperatura e luminosidade baixa no período de condução do experimento.

Considerando a distribuição percentual da massa seca de *Digitaria insularis* ao longo do ciclo de crescimento, as folhas apresentaram maiores acúmulos em relação às demais partes das plantas, sendo responsável por valores entre 53% do total acumulado pelas plantas no início do ciclo e 50% no final do ciclo (Figura 3). Nesse mesmo período as raízes+rizomas apresentaram acúmulos entre 47 e 20% no início e final do ciclo, respectivamente. O percentual de colmo apresentou valores entre 0%, no início do ciclo, e 30%, no final do ciclo de crescimento, ocorrendo inversão de acúmulo de massa seca com as raízes (Figura 3). Em *Rottboelia exaltata* (Bianco et al., 2004), *Senna obtusifolia* (Erasmu et al., 1997), *Acanthospermum hispidum* (Andreani Jr., 1995), *Commelina benghalensis* (Rodrigues et al., 1995), *Cenchrus echinatus* (Pavani, 1992) e *Hyptis*

*suaveolens* (Gravena et al., 2002), com o crescimento das plantas, houve inversão da massa seca acumulada do colmo em relação à das folhas, o que não se verificou para *D. insularis*.

Os valores da TCR foram decrescentes com o tempo, apresentando valor médio de  $0,072 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  quando se considerou apenas a taxa positiva de crescimento (Figura 4). Esses valores foram inferiores aos obtidos por Erasmo et al. (1997) para *Senna obtusifolia* ( $0,091 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) e superiores aos obtidos por Rodrigues et al. (1995), Andreani Jr. (1995) e Gravena et al. (2002) para *Commelina benghalensis* ( $0,061 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), *Acanthospermum hispidium* ( $0,059 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) e *Hyptis suaveolens* ( $0,063 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), respectivamente. Com o aumento da massa seca acumulada pelas plantas, ocorre aumento na necessidade de fotoassimilados para a manutenção das estruturas já formadas; assim, a quantidade de fotoassimilados disponível para o crescimento tende a ser menor e, conseqüentemente a TCR é decrescente com o tempo (Benincasa, 2003).

A área foliar de *D. insularis* apresentou lento crescimento inicial até 45 DAE, que depois acelerou após início da floração até 98 DAE (Figura 5); em seguida, iniciou-se o processo de senescência, ocorrendo perda das folhas e, conseqüentemente, redução na área foliar. O aumento na área foliar foi semelhante ao aumento na massa seca acumulada, com o ponto de inflexão da curva ocorrendo aos 98 DAE.

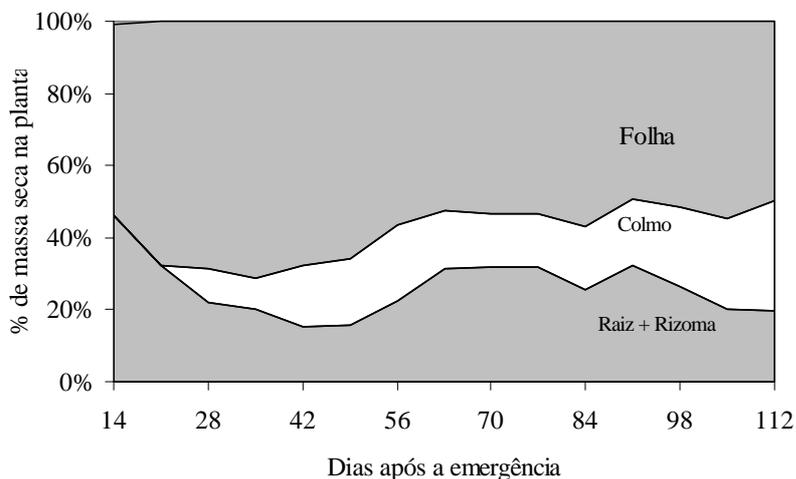


Figura 3- Distribuição percentual de massa seca nas diferentes partes de plantas de *Digitaria insularis* ao longo do seu ciclo de crescimento.

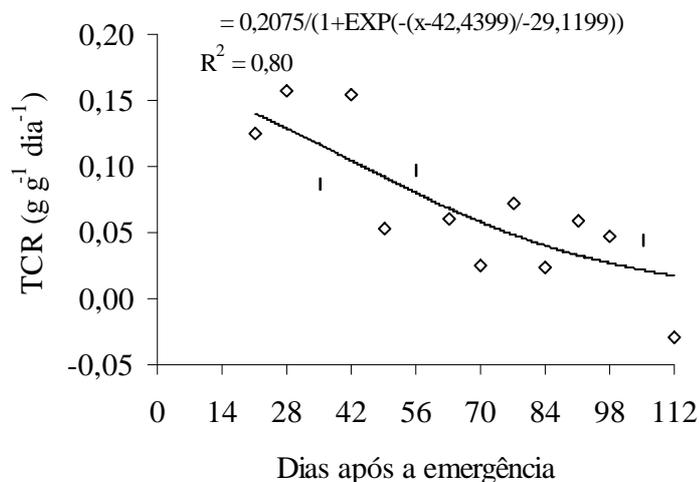


Figura 4 - Taxa de crescimento relativo (TCR) de *Digitaria insularis* ao longo do ciclo de crescimento.

A razão de área foliar (RAF), a razão de peso de folha (RPF) e o total de massa seca acumulado pela planta foram decrescentes durante o crescimento desta. Esses resultados mostraram-se semelhantes aos observados em outras espécies daninhas e culturas (Pavani, 1992; Rodrigues et al., 1995; Erasmo et al., 1997; Gravena et al., 2002). A RAF e RPF (Figura 4) apresentaram decréscimos acentuados do início até o final do ciclo. Dessa forma, os resultados obtidos indicam que, com o crescimento da planta, ocorreu menor área fotossintética útil e menor participação das folhas na massa seca acumulada. Considerando somente as taxas positivas, os valores médios obtidos para a RAF e a RPF foram de 56,39 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> e 0,74 g g<sup>-1</sup>, respectivamente.

A taxa de assimilação líquida (TAL) (Figura 4) diminuiu com o tempo, indicando redução na capacidade fotossintética durante o ciclo, devido ao auto-sombreamento das folhas. A TAL média foi de 0,00129 g cm<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>, considerando-se somente as taxas positivas.

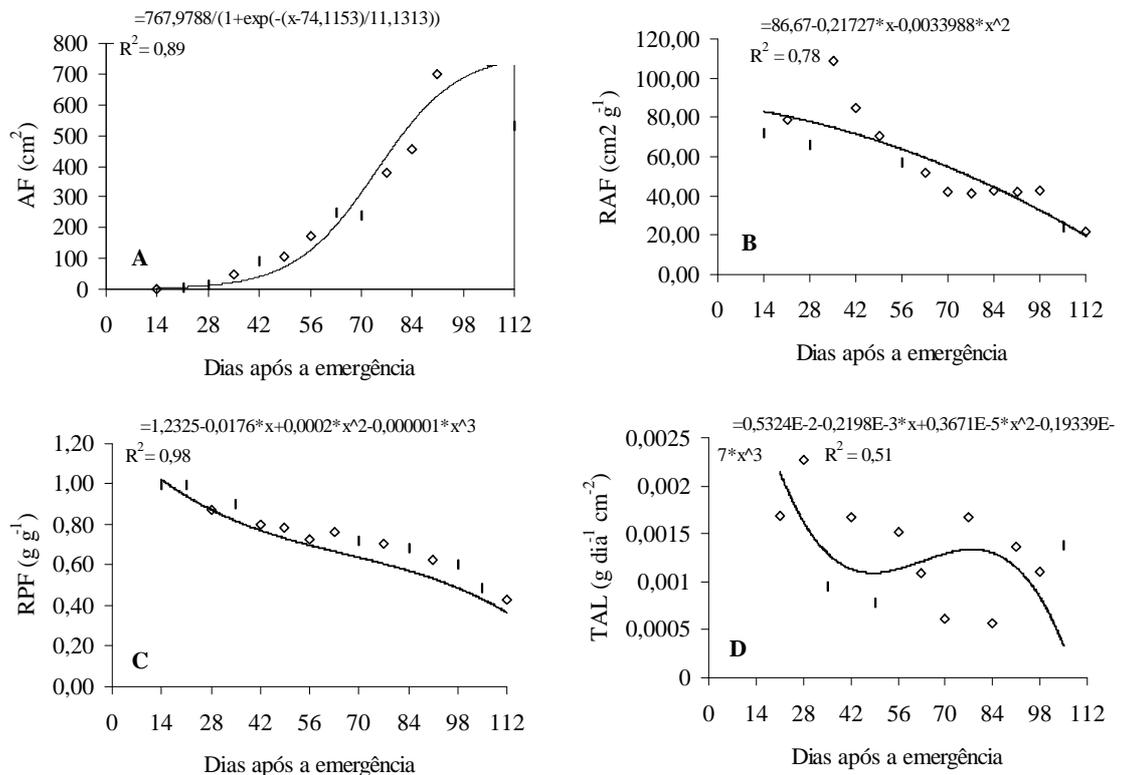


Figura 5 – A - área foliar (AF), B - razão de área foliar (RAF), C - razão de peso foliar (RPF) e D - taxa de assimilação líquida (TAL) de *Digitaria insularis* ao longo do ciclo de crescimento.

Assim como a massa seca acumulada pela planta, a RAF e a TAL podem ser correlacionadas com a capacidade competitiva das espécies daninhas (Roush & Radosevich, 1985). Para a RAF, quanto maior o seu valor, menor é a competitividade da espécie, ao passo que para a TAL o comportamento é oposto. É importante destacar que, em diferentes condições de desenvolvimento, ou em condições naturais, outros atributos das plantas e a interação entre fatores ecológicos (bióticos ou abióticos) podem influenciar a capacidade competitiva das espécies (Roush & Radosevich, 1985).

O lento crescimento inicial de *D. insularis* é uma característica que pode afetar na competição com outras espécies daninhas. Nesse sentido, no início de desenvolvimento, principalmente em condições de sombreamento ou de baixas temperaturas, por se tratar de uma planta tipo C<sub>4</sub>, as plantas de *D. insularis* podem ser suprimidas pelo desenvolvimento

mais rápido de outras espécies da comunidade infestante. Por sua vez, se a dose do herbicida não for suficiente para controlá-la, ela pode se tornar uma espécie dominante, como acontece em muitos casos em lavouras de café e áreas de plantio direto, em que a dose de glyphosate é eficiente para outras espécies e insuficiente para o efetivo controle de *D. insularis*.

Dessa forma, os resultados indicam que o melhor período para controle de *D. insularis* é até os 35 DAE, quando os rizomas ainda não foram formados. Como *D. insularis* apresenta crescimento lento até 45 DAE, sugere-se a possibilidade de bom controle cultural dessa espécie por culturas que cobrem rapidamente o solo.

## 2.5 LITERATURA CITADA

- ANDREANI Jr. R. **Estudo sobre dormência das sementes, o crescimento e absorção de macronutrientes por plantas de *Acanthospermum hispidum***. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1995. 72p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, 1985.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (Noções Básicas)**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BIANCO, S.; BARBOSA Jr, A. F.; PITTELI, R. A. Crescimento e nutrição mineral de capim-camalote. **Planta Daninha**. v.22, n.3, p.375-380. 2004.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; WEDTRA, P., III. M. Growth analysis of sulfonylurea-resistant and susceptible kochia (*Kochia scoparia*). **Weed Sci.**, v.45. p.691-695, 1997.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. Análise comparativa do crescimento de biótipos de picão-preto (*Bidens pilosa*) resistente e susceptível aos herbicidas inibidores de ALS. **Planta Daninha**, v.19, n.1, p. 75-84, 2001.
- DUNAN, C.; ZIMDAHL, R. L. Competitive ability of wild oats (*Avena fatua*) and spring barley (*Hordeum vulgare*). **Weed Sci.**, v.39, p.558-563,1991
- ERASMO, E. A. L.; BIANCO, S.; PITELLI, R. A. Estudo sobre o crescimento de fedegoso. **Planta Daninha**, v.15, n.2, p. 170-179, 1997.
- GRAVENA, R.; PEDRINHO Jr, A. F. F.; BARBOSA Jr, A. F.; BIANCO, S.; PITELLI, R. A. Análise de crescimento de *Hyptis suaveolens*. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p. 189-196, 2002.
- GRESSEL, J.; SEGEL, L. A. Modeling the effectiveness of herbicide rotations and mixtures as strategies to delay or preclude resistance. **Weed Technol.**, v.4, p.186-198, 1990.
- GRIME, J. P.; HUNT, R. Relative growth-rate: its range and adaptive significance in local flora. **Ecology**, v.63, n. 2, p. 393-422, 1975.
- KAWANO, K.; GONZALES, H.; LUCENA, M. Intraespecific competition, competition with weeds, and spacing response in rice. **Crop Sci.**, v.14, p. 841-845, 1974.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo I. São Paulo: BASF Brasileira s.a., p.675 –678, 1997.

PAVANI, M. C. M. **Estudo sobre o crescimento, nutrição mineral de *Cenchrus echinatus* L. e resposta a diferentes níveis de fósforo, pH e calagem.** Jaboticabal: FCAV/UJNESP, 1992. 110p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, 1992.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S. **Weed ecology: implications for management.** New York: John Wiley & Sons, 1984. p. 93-193.

RODRIGUES, B. N.; PITELLI, R. A.; BELLINGIERI, P. A. **Efeito da calagem do solo sobre o crescimento inicial e absorção de macronutrientes em trapoeraba (*Commelina benghalensis*).** *Planta Daninha*. v.13, n.2,p.59-68. 1995.

ROUSH, M. L.; RADOSEVICH, S. R. Relationships between growth and competitiveness of four annual weeds. *J. Appl. Ecol.*, v. 22, p. 895-905, 1985.

### 3. CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA FOLHA DO COLMO E DO RIZOMA DE *Digitaria insularis*

#### ANATOMICAL CHARACTERIZATION OF LEAF, STEM AND RHIZOME OF *Digitaria insularis*

#### RESUMO

A anatomia da folha, do colmo e do rizoma de *Digitaria insularis* foi estudada, avaliando-se características que possam estar relacionadas à sua tolerância ao glyphosate. Sementes e rizomas de plantas adultas foram coletadas a campo, em área de plantio direto, onde o herbicida glyphosate vem sendo utilizado repetidamente há vários anos. As plantas provenientes dessas sementes e desses rizomas foram cultivadas em vasos com capacidade de 0,003 m<sup>3</sup>, contendo solo, em casa de vegetação. Quando as plantas atingiram o estágio fenológico de pré-florescimento, foram coletadas três folhas totalmente expandidas por planta, entre o terceiro e o quinto nó. Foram coletados simultaneamente fragmentos dos entrenós recobertos pelas bainhas das folhas amostradas e também rizomas. As amostras foram fixadas em FAA<sub>50</sub> e emblocadas em mistura de parafina histológica+cera, para serem obtidos cortes em micrótomo rotativo, os quais foram corados com fuccina básica e azul-de-astra, sendo as lâminas montadas com resina “permaunt”. Parte das amostras das folhas foi diafanizada conforme metodologia usual, para obtenção do índice estomático e da densidade estomática nas superfícies da epiderme. Verificou-se que plantas provenientes de rizomas apresentavam maior índice estomático e maior número de estômatos por mm<sup>2</sup>, maior espessura na epiderme das faces adaxial e abaxial e maior espessura da lâmina foliar. Foi observada coloração intensa nos rizomas submetidos ao lugol, indicando presença de grande quantidade de amido, independentemente do material de origem.

**Palavras-chave:** capim-amargoso, anatomia, glyphosate, amido.

### 3.1 ABSTRACT

The anatomy of leaf, stem and rhizome of *Digitaria insularis* was studied, evaluating characteristics that could be related to its tolerance to glyphosate. Seeds and rhizomes of adult plants were collected in the field, area of no-till system, where the herbicide glyphosate has been repeatedly used for several years. The plants derived from these seeds and rhizomes were cultivated in 0.003 m<sup>3</sup> vases, containing soil, in greenhouse. When the plants reached the preflowering stage, three totally expanded leaves were collected per plant, between the third and fifth nodes. Fragments of the internodes covered by the sheaths of the sampled leaves were collected together with the rhizomes. The samples were fixed in FAA50 and embedded in a mixture of histological paraffin + wax, to obtain sections prepared in a c, which were stained with basic fuchsin and Astra-blue and the slides mounted with Permount resin. Part of the leaf samples were diaphanized, following the usual methodology, to obtain the stomatal index and stomatal density at the epidermal surfaces. Plants derived from rhizomes had higher stomatal index and larger number of stomata per mm<sup>2</sup>, thicker adaxial and abaxial epidermis faces and thicker leaf lamina. The intense coloration in the rhizomes treated with lugol indicated the presence of great amount of starch, regardless of the origin of the material.

**Key words:** sourgrass, anatomy, glyphosate, starch.

### 3.2 INTRODUÇÃO

Capim-amargoso (*Digitaria insularis*) é uma espécie nativa de regiões tropicais e subtropicais da América, sendo frequentemente encontrada em pastagens, lavouras de café, pomares, beira de estradas e terrenos baldios. No sistema de plantio direto de cereais, essa espécie vem se transformando numa das mais importantes infestantes, formando touceiras e florescendo praticamente durante todo o verão (Lorenzi, 2002). Propaga-se por sementes e através de rizomas, e essa propagação se dá com grande facilidade e alta intensidade (Kissmann & Groth, 1997; Lorenzi, 2002).

Em lavouras onde essa espécie ocorre e o herbicida glyphosate vem sendo aplicado repetidamente, o seu controle tem sido ineficiente. Acredita-se que os rizomas formados pelas plantas sejam ricos em amido, constituindo uma barreira para translocação do herbicida e fonte de reserva, permitindo rápida rebrota das plantas tratadas. Tuffi Santos et al. (2004) estudando *Commelina diffusa* e *C. benghalensis* verificaram que a tolerância ao herbicida glyphosate era maior em *C. diffusa* devido à maior quantidade de amido encontrado no caule, quando comparado a *C. benghalensis*.

As diferenças na suscetibilidade de espécies de plantas daninhas a herbicidas têm sido atribuídas ao estágio de desenvolvimento da planta, à diferença na morfologia (área e forma do limbo, ângulos ou orientação das folhas em relação ao jato de pulverização), à anatomia foliar (presença de estômatos na superfície adaxial, presença de pêlos, espessura e composição da camada cuticular) e às diferenças na absorção, translocação, compartimentalização e no metabolismo da molécula herbicida (Dall'Armellina & Zimdahl, 1989; Westwood et al., 1997; Vargas et al., 1999; Tuffi Santos et al., 2004).

DeGenaro & Weller (1984) identificaram cinco genótipos de *Convolvulus arvensis* fenotipicamente diferentes com grau de suscetibilidade ao glyphosate aproximadamente quatro vezes maior entre o genótipo mais e o menos suscetível. Dall'Armellina & Zimdahl (1989), trabalhando com os mesmos genótipos, observaram que os menos suscetíveis foram os que se desenvolveram em regiões áridas, fato atribuído à diminuição de área foliar e ao aumento da espessura da cutícula sob condições xéricas.

Diferenças na absorção, na translocação e no metabolismo do glyphosate em *Amaranthus hybridus*, *Ipomoea grandifolia* e *Commelina benghalensis* foram estudadas por

Monqueiro et al. (2004). *Amaranthus hybridus* apresentou 90% de absorção até 72 h, com taxa de translocação de 25%, e a maior parte do herbicida permaneceu na folha; *Ipomoea grandifolia* apresentou 80% de absorção até 72 h, com 68,5% presente na folha tratada e 11,5% do herbicida translocado; e *Commelina benghalensis* apresentou 66% absorvido até 72 h, com 26,3% do herbicida translocado, parecendo não haver barreira quanto à translocação, e 40,8% do herbicida foi metabolizado, apresentando como prováveis mecanismos de tolerância desta espécie ao glyphosate a absorção e o metabolismo diferencial.

Objetivou-se neste trabalho descrever a anatomia de *Digitaria insularis*, identificando características anatômicas que possam estar relacionadas com sua tolerância ao glyphosate.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Sementes e rizomas de plantas adultas foram coletadas a campo, em área de plantio direto, onde o herbicida glyphosate vem sendo usado repetidamente no manejo das plantas daninhas. Os propágulos provenientes dessas sementes e desses rizomas foram cultivados em vasos, com capacidade de 0,003 m<sup>3</sup> de solo, em casa de vegetação, de forma que se obtivesse uma planta por vaso, em um total de três vasos por material propagativo (sementes e rizomas). A irrigação foi realizada diariamente, visando evitar possível estresse hídrico ou excesso de umidade, e a adubação feita semanalmente, com 0,2 g do fertilizante “Ouro Verde” diluído em 100 mL de água por vaso. Quando as plantas se apresentavam no estágio fenológico de pré-florescimento, foram coletadas de cada uma três folhas, totalmente expandidas, entre o terceiro e o quinto nó. Foram coletados simultaneamente fragmentos dos entrenós recobertos pelas bainhas das folhas amostradas e rizomas. Das bainhas foram coletadas amostras das regiões proximal, mediana e distal. As folhas, bainhas, colmos e rizomas foram imediatamente fixados em FAA<sub>50</sub> por 24 horas (Johansen, 1940), dentro de frascos, sendo colocados em dessecador submetido a vácuo. Após a fixação, o material foi estocado em etanol 70%.

Para confecção do laminário, foram retiradas três amostras de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> da bainha (região proximal, mediana e distal), uma amostra da região mediana do limbo foliar e amostras dos colmos e rizomas das plantas.

Para estudos da organização estrutural, amostras do material fixado foram desidratadas em série etílica-butílica, incluídas em parafina histológica e emblocadas em mistura de parafina histológica e cera na proporção de 8:1 v/v. Foram obtidas secções de 13 µm em micrótomo rotativo de avanço automático (LEICA RM2155), as quais foram montadas sobre lâminas histológicas. Após a desparafinização, os cortes foram corados com fuccina básica e azul-de-astra (Gerlach, 1984) e as lâminas montadas com resina histológica “permount”.

A partir do laminário histológico preparado, determinaram-se nas folhas as espessuras da lâmina foliar, da epiderme da face adaxial e da abaxial e do parênquima clorofiliano, utilizando-se o software Image-Pro Plus. Foram selecionadas nove lâminas de cada vaso. Em cada lâmina foram observados cinco campos e realizadas três medições para cada campo, sendo consideradas como repetição as lâminas, em um total de 27 repetições.

Parte das amostras das folhas foi cortada a fresco em micrótomo de mesa, e os cortes foram submetidos ao reagente citoquímico Sudam III, para evidenciar a cutícula (Johansen, 1940).

Cortes transversais do entre nó e dos rizomas foram obtidos em micrótomo de mesa, sendo posteriormente submetidos ao reagente Lugol, para verificação da presença de amido; as lâminas foram montadas em glicerina + água 1:1 (Johansen, 1940).

Amostras da folha foram diafanizadas em solução de NaOH, segundo metodologia de Sass (1951). Depois dessa etapa, as amostras foram lavadas e coradas com safranina (1% solução aquosa) e montadas em glicerina mais água. Foram realizadas fotomicrografias da epiderme das faces adaxial e abaxial, em fotomicroscópio. Dessas lâminas foram obtidos o índice estomático e a densidade estomática nas superfícies das faces adaxial e abaxial da epiderme. O índice estomático foi calculado pela razão entre o número de estômatos e o número total de células da epiderme (número de estômatos + células epidérmicas) x 100. Para ilustração do material foram retiradas amostras das folhas e realizadas impressões paradérmicas do material (Segatto et al., 2004).

As observações e ilustrações foram obtidas em fotomicroscópio Olympus AX 70 com sistema U – Photo, pertencente ao Laboratório de Anatomia do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa. A descrição dos caracteres anatômicos e a terminologia utilizada estão de acordo com Metcalf (1960).

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As folhas de *Digitaria insularis* são anfiestomáticas (anfihipoestomática), apresentando as células-guarda dos estômatos na forma de halteres e células interestomatais com extremidades ligeiramente côncavas, com estômatos organizados em fileira ao longo das nervuras (Figura 1), características frequentes nas espécies da família Poaceae (Thompson & Estes, 1986).

Na Tabela 1 encontra-se a análise de variância do índice estomático e do número de estômatos  $\text{mm}^{-2}$  em função do material de origem e da face da folha. Plantas provenientes de rizomas apresentaram folhas com maior índice estomático, quando comparadas com plantas provenientes de sementes, para as duas faces da epiderme. Para plantas provenientes de um mesmo material de origem (rizoma ou semente), a face abaxial da epiderme apresentou maior índice estomático (Figura 2). Com relação à densidade estomática, plantas provenientes de rizomas apresentaram, na face abaxial da epiderme foliar, maiores valores quando comparadas com plantas de sementes, enquanto na face adaxial não houve diferença. Dentro do mesmo material de origem, a face abaxial das folhas apresentou maior densidade estomática (Figura 2). Presença de estômatos em grandes quantidades nas diferentes faces das folhas aumenta a absorção de herbicidas, uma vez que a cutícula sobre as células-guarda parece ser mais fina e mais permeável do que a cutícula sobre as demais células epidérmicas (Hess & Falk, 1990).

Na Tabela 2 é apresentada a análise de variância para espessuras dos componentes foliares (lâmina foliar, epiderme das faces adaxial e abaxial e parênquima) em função do material de origem. Plantas provenientes de rizomas mostraram lâmina foliar mais espessa,

com epiderme das faces adaxial e abaxial apresentando o mesmo comportamento. Para espessura de parênquima clorofiliano não houve diferença (Tabela 3). Para os demais parâmetros não foram encontradas diferenças quando se compararam plantas provenientes de sementes e de rizomas. O limbo, em secção transversal, revela uma quilha pronunciada, em forma de “U” (Figura 3A), confirmando dados registrados para o gênero *Digitaria* (Metcalf, 1960).

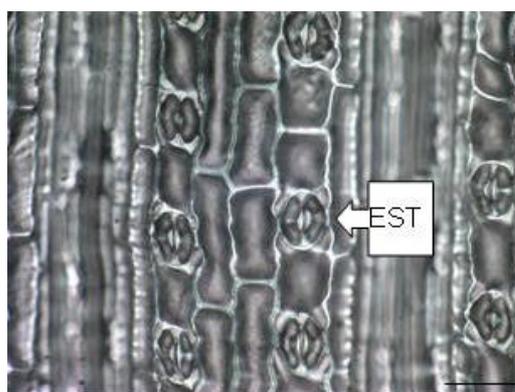


Figura 1 - Detalhe da epiderme foliar de *Digitaria insularis* (impressão paradérmica), evidenciando os estômatos (EST) em fileiras ao longo das nervuras. Barra de 100  $\mu$ m.

Tabela 1 – Análise de variância do índice estomático (Ind Est) e densidade de estômatos (Dens Est) de *Digitaria insularis* em função do material de origem e da epiderme da folha

Fontes de variação	G.L	Índ Est	Dens Est
		Quadrado médio	
Materiais de origem (O)	1	0,002357*	0,15834*
Faces da epiderme (F)	1	0,215538*	14,47154*
(O x F)	1	0,00000127 <sup>ns</sup>	0,0162143 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	0,00155	0,0272068
Cv (%)		8,00	14,80

<sup>ns</sup> Não-significativo; \* significativo a 10% pelo teste F.

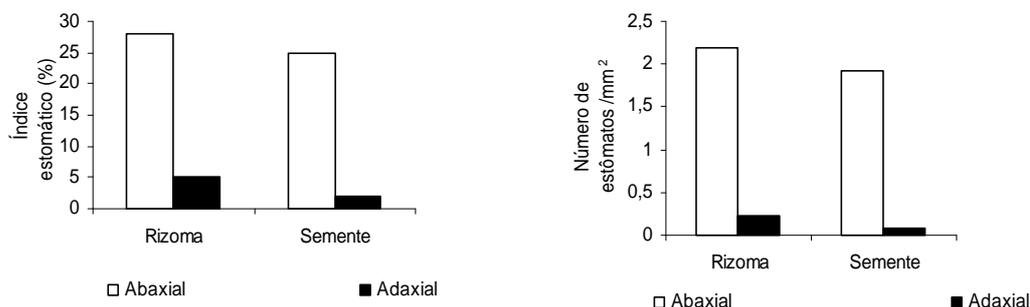


Figura 2 - Índice estomático (%) e número de estômatos mm<sup>-2</sup> na epiderme (abaxial e adaxial) de *Digitaria insularis* em função do material propagativo (rizoma ou semente).

Tabela 2 - Análise de variância da espessura dos componentes foliares de *Digitaria insularis* em função dos materiais propagativos (sementes e rizomas)

Fontes de variação	G.L	Quadrado médio			
		Lâmina foliar	Epiderme (face adaxial)	Parênquima	Epiderme (face abaxial)
Materiais propagativos	1	1706,083*	2218,03*	88,85 <sup>ns</sup>	387,72*
Resíduo	52	140,37	41,79	412,75	11,62
cv (%)		9,95	16,06	28,08	16,72

<sup>ns</sup> Teste F não-significativo; \* significativo a 10% pelo teste F.

Tabela 3 - Espessura dos componentes foliares de *Digitaria insularis* em função do material propagativo (sementes e rizomas)

Materiais propagativos	Espessura ( μm)			
	Lâmina Foliar	Epiderme (face adaxial)	Parênquima	Epiderme (face abaxial)
Rizoma	124,64	46,63	73,64	23,06
Semente	113,39	33,82	71,07	17,70

A superfície epidérmica da face adaxial está recoberta por uma cutícula mais evidente que na face abaxial. A cutícula serve como interface entre o corpo da planta e o ambiente, realizando a proteção e a prevenção da perda de água dos tecidos vegetais (Bukovac et al., 1990). A cutícula é também importante barreira à entrada de microrganismos e agroquímicos. No entanto, a absorção de herbicidas não é necessariamente relacionada à espessura da cutícula, e sim à constituição lipídica, e ao grau de impedimento de passagem de solutos (Silva et al., 2004).

Na face adaxial, as células buliformes recobrem o parênquima clorofiliano, enquanto as células epidérmicas ordinárias encontram-se na região dos feixes. As células buliformes são maiores que as epidérmicas ordinárias e apresentam paredes delgadas, principalmente as anticlinais e as periclinais internas (Figura 3B), estando relacionadas tanto com o enrolamento da folha, em situações de déficit hídrico, quanto com a expansão foliar a partir da gema (Mauseth, 1988).

O mesofilo é homogêneo, com poucos espaços intercelulares. As folhas de *Digitaria insularis* apresentam estrutura Kranz, com bainha simples (Figura 3B), estando de acordo com descrição feita por Metcalf (1960) para o gênero *Digitaria*. Como descrito na literatura, as gramíneas tropicais com via fotossintética C4 apresentam anatomia Kranz. Nesse tipo de estrutura, as células do parênquima clorofiliano dispõem-se radialmente ao redor dos feixes. Internamente a essa coroa de células do mesofilo encontra-se a bainha parenquimática clorofilada do feixe vascular.

No limbo, feixes maiores se alteram com feixes menores. Os primeiros têm forma poligonal e, envolvendo-os, encontra-se uma bainha parenquimática desenvolvida, contínua, com as células apresentando paredes ligeiramente espessadas. Nestes, uma calota esclerenquimática encontra-se voltada para epiderme (Figura 3A). Os feixes de médio e pequeno porte são circulares, não sendo observada calota esclerenquimática.

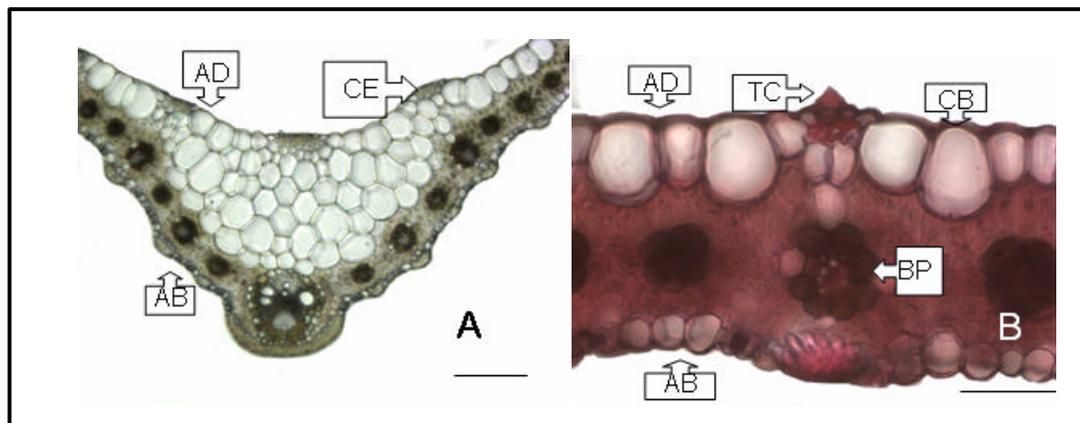


Figura 3 – Secções transversais da lâmina foliar de *Digitaria insularis*. A – região da quilha - barra de 100  $\mu\text{m}$ ; B – limbo foliar - barra de 50  $\mu\text{m}$ . AB = face abaxial; AD = face adaxial; CE = calota esclerenquimática; TC = tricoma; CB = células buliformes; BP = bainha parenquimática.

A bainha foliar de *Digitaria insularis* apresenta, em secção transversal, aspecto semicircular, em que as margens ficam parcialmente sobrepostas, envolvendo totalmente o colmo (Figura 4A). Como padrão entre as espécies da família Poaceae, as lâminas e bainhas foliares são paralelinérvias. A secção transversal da bainha não revelou a presença de uma quilha, como na lâmina foliar, porém a bainha apresenta a região central alargada, como em plantas do gênero de *Brachiaria* descritas por Brito & Rodella (2002).

Em secção transversal, as células epidérmicas da face adaxial, que estão em contato com o colmo, apresentaram-se achatadas, com formato retangular. Foram observados estômatos e tricomas nesta face da epiderme da bainha nas regiões mediana e distal. Logo abaixo da epiderme, em oposição aos feixes vasculares, existe uma pequena calota esclerenquimática, geralmente constituída por uma ou duas camadas de células. No mesofilo, o parênquima clorofiliano apresenta células poliédricas, grandes e de paredes delgadas, que aumentam de tamanho à medida que se aproximam da região central (Figura 4B). Na região proximal da bainha, as células da epiderme são mais compactas e o mesofilo se assemelha ao colmo, com a presença de tecido de preenchimento. Os feixes vasculares são de contorno poligonal (grande porte) a circular (médio e pequeno porte) e encontram-se próximos à face abaxial. Nos feixes de médio e grande porte ocorre uma extensão da bainha de feixe, bastante pronunciada e lignificada assim como ocorre em *Brachiaria humidicola* e

*B. brizantha* (Brito & Rodella, 2002). Nos feixes de pequeno porte, na face voltada para epiderme, encontra-se uma calota esclerenquimática subepidérmica (Figura 4B).

Tanto em plantas provenientes de rizomas como de sementes ocorre uma bainha parenquimática envolvendo totalmente os feixes vasculares, como observado na lâmina foliar, caracterizando a anatomia Kranz, não apresentando assim diferença entre plantas originadas de rizomas ou de sementes (Figura 4B).

As células epidérmicas da face adaxial são achatadas, com paredes periclinais externas recobertas por uma camada cuticular, enquanto as da face abaxial são poliédricas, apresentando cutícula mais delgada.

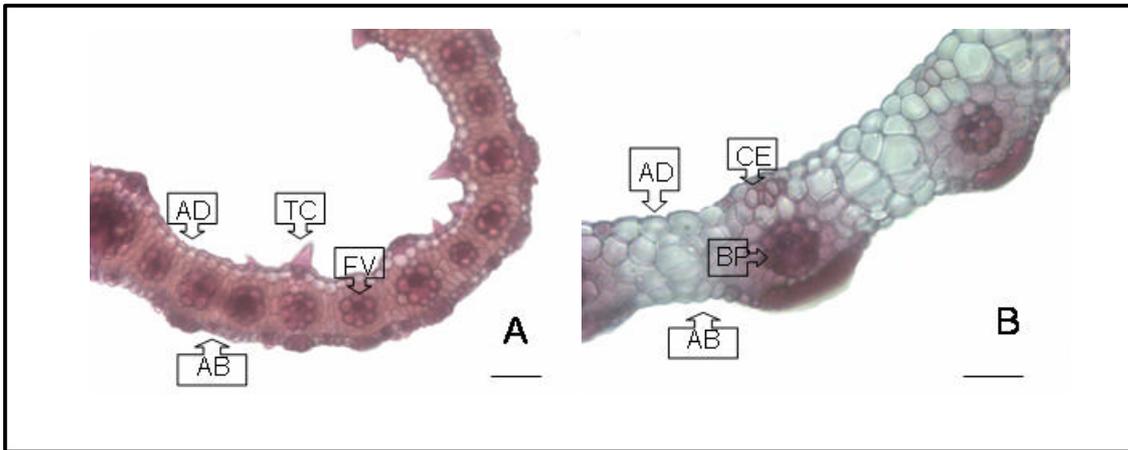


Figura 4 – Secções transversais da bainha foliar de *Digitaria insularis*. A – visão geral, mostrando o aspecto semicircular - barra de 100  $\mu\text{m}$ ; B - detalhe evidenciando os feixes vasculares - barra de 50  $\mu\text{m}$ ; AB = face abaxial; AD = face adaxial; BP = bainha parenquimática; CE = calota esclerenquimática; FV = feixe vascular; TC = tricoma.

O colmo da espécie apresenta uma medula oca, com contorno externo ovalado, côncavo em um dos lados (Figura 5A), semelhante ao colmo de plantas do gênero *Brachiaria* (Brito & Rodella, 2002). Em secção transversal, a epiderme apresenta células tetraédricas, com paredes lignificadas, principalmente as paredes periclinais externas. Os feixes vasculares são do tipo colateral fechado, estando o floema voltado para a periferia do colmo e o xilema em oposição (Figura 5), apresentando-se em três portes: pequeno, médio e grande. Os feixes estão envoltos por uma bainha esclerenquimática. No xilema do colmo, em adição aos elementos traqueais, existe uma grande proporção de parênquima xilemático e de tecidos mecânicos na forma de fibras xilemáticas. Os feixes vasculares estão

irregularmente dispersos no parênquima fundamental (Figura 5A), estrutura atactostélica, segundo padrão típico das Monocotiledôneas (Mauseth, 1988). O parênquima clorofiliano é subepidérmico, composto de células de contorno poliédrico, onde se observam feixes vasculares de pequeno porte. Logo abaixo do colênquima ocorre um anel esclerenquimático, com 2 - 5 camadas de células. Muitos feixes de pequeno e médio porte estão incluídos neste anel, onde a bainha esclerenquimática dos feixes se mistura ao esclerênquima. Internamente ao anel esclerenquimático ocorre o parênquima incolor, onde estão dispostos os feixes vasculares de grande porte, os quais possuem uma bainha esclerenquimática reduzida. As células parenquimáticas possuem forma circular a poliédrica, com parede delgada e espaços intercelulares. Aquelas células próximas à porção central estão parcialmente destruídas, provavelmente pela lise das células. Nestas células parenquimáticas foi observada pequena quantidade de grãos de amido de tamanho reduzido.

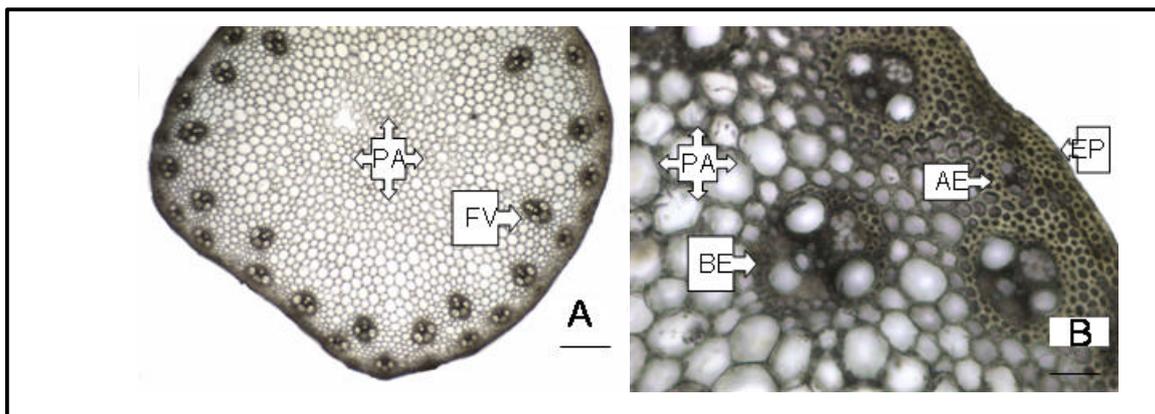


Figura 5 – Secções transversais do colmo de *Digitaria insularis*. A – visão geral - barra de 100  $\mu\text{m}$ ; B – detalhe evidenciando feixes vasculares - Barra de 50  $\mu\text{m}$ ; AE = anel esclerenquimático; BE = bainha esclerenquimática; EP = epiderme; FV = feixes vasculares; PA = parênquima.

Os rizomas de *Digitaria insularis* são morfologicamente semelhantes ao colmo, apresentando feixes vasculares do tipo colateral fechado, poligonais ou angulosos, com o floema voltado para a periferia do rizoma e o xilema em oposição (Figura 6), apresentando-se em três portes: pequeno, médio e grande. Os feixes estão envoltos por uma bainha esclerenquimática. Verificou-se que a formação dos rizomas ocorre, em média, 45 dias

após a emergência das plantas, quando provenientes de sementes (capítulo 1), ocasionando a partir desse momento tolerância desta espécie ao glyphosate. O parênquima clorofiliano é subepidérmico, composto de células de contorno poliédrico, onde se observam feixes vasculares de pequeno porte. Neste órgão, feixes vasculares de grande porte se dispõem por entre o parênquima incolor, envolvidos por bainha esclerenquimática reduzida. As células parenquimáticas possuem forma circular a poliédrica e contêm grande quantidade de grãos de amido (Figura 6). O rizoma é um órgão especializado em reserva, acumulando amido na região cortical (Da Glória & Guerreiro, 2003). De acordo com Tuffi Santos et al. (2004), a presença de amido em quantidade elevada pode ser responsável pela menor eficiência do glyphosate em *Commelina diffusa*, devido à menor translocação do herbicida no interior da planta, com menor quantidade acumulada no sítio de ação, possibilitando o desenvolvimento dos meristemas e a rebrota da parte aérea de plantas tratadas com o herbicida.

Brotações de *Digitaria insularis* originadas de rizomas também não são controladas com o glyphosate, provavelmente pelo mesmo motivo que *Commelina difusa* (Tuffi Santos et al., 2004), o que a torna uma espécie de difícil controle para os cultivos de café e fruteiras e mesmo culturas transgênicas resistentes ao glyphosate. Essa hipótese pode ser reforçada pelo fato de nas plantas originárias de rizomas as folhas apresentarem maior número de estômatos. Assim, a absorção do herbicida pode ser facilitada. No entanto, a reserva acumulada dos rizomas garante a resistência nessas plantas ao herbicida, dificultando a translocação e permitindo rápida rebrota da parte aérea após ser tratada com o glyphosate.

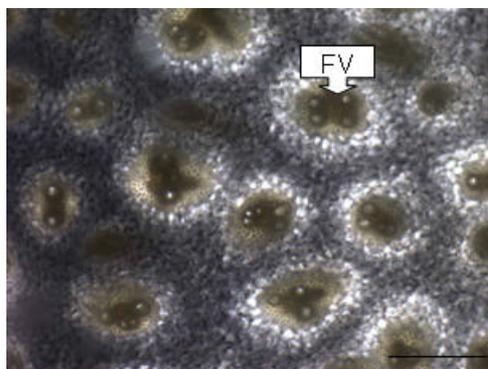


Figura 6 – Secção transversal do rizoma de *Digitaria insularis* após reação com Lugol. FV = feixes vasculares - barra de 100  $\mu$ m.

### 3.5 LITERATURA CITADA

- BUKOVAC, M. J.; PETRACEK, P. D.; LEY, Y.S.; ALONI, R. Sorption of organic compounds by plant cuticles. **Weed Sci.**, v.38, n.3, p. 289-298, 1990.
- BRITO, C. J. F. A.; RODELLA, R. A. Caracterização morfo-anatômica da folha e do caule de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae). **Revista. Brasil. Bot.**, v.25, n.2, p.221-228, 2002.
- DA GLÓRIA, B. A.; GUERREIRO, S. M. C. (Eds). **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFFV, 2003. 438p.
- DALL'ARMELLINA, A. A.; ZIMDAHL, R. L. Effect of watering frequency, drought, and glyphosate on growth of field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed sci.**, v.37, p.314-318, 1989.
- DeGENARO, F. P.; WELLER, S. C. Differential susceptibility of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) biotypes to glyphosate. **Weed Sci.**, v.32, p. 472-476, 1984.
- GERLACH, D. **Botanische Mikrotechnik**. Stuttgart:Georg Thieme Verlag, 1984. 311 p.
- HESS, F. D.; FALK, R. H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Sci.**, v.38, n.3, p. 280-288, 1990.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: Macgraw-Hill, 1940. 523p.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo I. São Paulo: BASF Brasileira s.a., 1997. p.675 –678.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 4 ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 336 p.
- MAUSETH, J. D. **Plant anatomy**. Menlo Park: Benjamin/Cummings Publishing 1988.
- METCALF, C. R. **Anatomy of monocotyledons. Gramineae**. Oxford: Clarendon Press, 1960. v.1, 731 p.
- MONQUEIRO, P. A.; CHRISTOFOLETI, P. J.; OSUNA, M. D.; DE PRADO, R. A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e susceptíveis a estes herbicidas. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p. 123-132, 2004.
- SASS, J. E. **Botanical microtechnique**. Dress, Ames: Iowa Stat College 1951. 228 p.

- SEGATTO, F. B.; BISOGNIN, D. A.; BENEDETTI, M.; COSTA, L. C.; RAMPELOTTO, M. V.; NICOLOSO, F.T. Técnicas para estudos da anatomia foliar de batata. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1597-1601, 2004.
- SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, J. F. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, 2004.
- THOMPSON, R. A.; ESTES, J. R. Anthecial and foliar micromorphology and foliar anatomy of *Brachiaria* (Poaceae: Paniceae). **American Journal of Botany**, v. 73, p. 398-408, 1986.
- TUFFI SANTOS, L. D.; MEIRA, R. M. S. A.; SANTOS, I. C.; FERREIRA, F. A. Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *commelina diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta Daninha**, v.22, n. 1, p. 101-108, 2004.
- VARGAS, L.; SILVA, A. A.; BORÉM, A.; REZENDE, S. T.; FERREIRA, F. A.; SEDIYAMA, T. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Viçosa: UFV, 1999. 131p.
- WESTWOOD, J. H.; YERKES, C. N.; DEGENNARO, F. P.; WELLER, S. C. Absorption and translocation of glyphosate in tolerant and susceptible biotypes of field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Sci.**, v.45, p.658-663, 1997.
- WYRILL, J. B.; BURNSIDE, O. C. Absorption, translocation and metabolism of 2,4-D and glyphosate in common milkweed and hemp dogbane. **Weed Sci.**, v.24, n.6, p.557-566, 1976.

#### 4. EFICIÊNCIA DE GLYPHOSATE NO CONTROLE DE *Digitaria insularis* SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE DE SOLO

EFFICIENCY OF GLYPHOSATE ON THE CONTROL OF *Digitaria insularis* UNDER  
DIFFERENT CONDITIONS OF SOIL HUMIDITY

##### RESUMO

Avaliou-se o controle de plantas de *Digitaria insularis* provenientes de sementes após uma poda e rebrota da parte aérea, usando glyphosate a 0, 540, 1.080, 1.620 e 2.160 g e.a ha<sup>-1</sup> nas condições de umidade do solo de 80, 70, 60 e 50% da capacidade de campo. Após a rebrota da parte aérea, quando as plantas se apresentavam em pleno crescimento vegetativo, 15 dias após a poda, foram submetidas às condições de umidade de solo por um período de 15 dias e mantidas nessas condições até o segundo dia após aplicação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de setembro a dezembro de 2004. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo os tratamentos dispostos no esquema fatorial (5 x 4). O controle das plantas de *Digitaria insularis* foi avaliado aos 7 e 14 dias após aplicação do herbicida (DAA). Aos 15 DAA as plantas foram cortadas a 5 cm do solo, e 30 dias após foi avaliada a rebrota, determinando-se a massa seca por vaso. A eficiência de controle aumentou com a dose do herbicida para cada condição de umidade de solo na avaliação realizada aos 7 DAA. Aos 14 DAA, todas as doses, com exceção da dose zero, apresentavam controle total da espécie em todas as condições de umidade do solo. Não foi observada rebrota da parte aérea de *Digitaria insularis* para nenhuma dose em nenhuma condição de umidade do solo, exceto para o tratamento sem herbicida. As condições de estresse avaliadas não foram suficientes para interferir na ação do glyphosate nas doses avaliadas.

**Palavras-chave:** capim-amargoso, controle químico, rebrota.

#### 4.1 ABSTRACT

The control of *Digitaria insularis* derived from seeds after cutting and regrowth of the aerial part, using glyphosate at 0, 540, 1.080, 1.620 and 2.160 g e.a ha<sup>-1</sup> in the conditions of 80, 70, 60 and 50% humidity of the soil field capacity was evaluated. After regrowth of the aerial part, during the vegetative development, 15 days after cutting, they were subjected to the different soil humidity conditions for a period of 15 days and maintained in such conditions until the second day after herbicide application. The experiment was conducted in greenhouse, from September to December, 2004. The experimental design was entirely randomized, with four repetitions, with the treatments distributed in a factorial arrangement (5 x 4). The control of plants of was evaluated at 7 and 14 days after herbicide application (DAA). At 15 DAA the plants were cut at 5 cm from the soil, and 30 days later the regrowth was evaluated and the dry mass per vase was determined. The efficiency of the control increased with the dose of the herbicide for each condition of soil humidity in the evaluation carried out at 7 DAA. At 14 DAA, all doses, except for dose zero, gave total control of the species in all conditions of soil humidity. There was no regrowth of the aerial part in any dose and condition of soil humidity, except for the treatment without herbicide. The evaluated stress conditions were not enough to interfere in the action of the glyphosate in the tested doses.

**Key words:** sourgrass, chemical control, regrowth.

#### 4.2 INTRODUÇÃO

A eficiência de um herbicida depende de diversos fatores que influenciam a sua absorção e translocação na planta. A absorção é influenciada pela temperatura e pela umidade do ar e do solo, entre outros fatores. Em termos fisiológicos, a umidade influi no *estatus hídrico* da planta e, assim, na abertura estomática e na permeabilidade da cutícula

(Hammerton, 1967). O estresse hídrico afeta a absorção do herbicida e, conseqüentemente, o seu desempenho biológico.

Sob condição de estresse hídrico, o crescimento e a divisão celular das plantas são inibidos e, por conseguinte, todo o crescimento é reduzido. Um aumento na deficiência hídrica resulta num fechamento gradual dos estômatos e, eventualmente, numa rápida queda na fotossíntese, acompanhada por declínio gradual na respiração e eventual murchamento. Concomitantemente, ocorrem mudanças no nível de reguladores de crescimento endógenos, enzimas e alterações nas características das membranas e da cutícula, resultando em plantas menores com morfologia alterada (Noosavi-nia & Dore, 1979). De modo geral, o estresse hídrico prolongado pode levar a aumento na espessura e densidade da cutícula e da pubescência, reduzindo, conseqüentemente, a penetração, a translocação e o metabolismo de herbicidas. Estresse hídrico temporário leva a planta ao murchamento, tornando a cutícula menos permeável à água e reduz o contato da gota pulverizada com a folha, dificultando assim sua molhabilidade.

A umidade do solo pode condicionar direta ou indiretamente a eficiência de um herbicida. No caso de herbicidas de aplicação em pós-emergência das plantas daninhas, o conteúdo de água no solo influencia o estado hídrico das plantas e o microclima ao redor destas, condicionando a absorção e translocação de herbicidas. Hay (1976) observou que a eficiência do 2,4-D dependia da umidade do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Walia & Gill (1985) em uréias substituídas e por Harvey & Crothers (1998) e Zhang & Price (1993) com glyphosate.

O capim-amargoso (*Digitaria insularis*) é uma espécie perene, herbácea, entouceirada, ereta e rizomatosa (Kissmann & Groth, 1997). Observações a campo, em áreas onde há uso contínuo de glyphosate, têm constatado que plantas originárias de sementes, quando jovens, são controladas pelo herbicida; no entanto, quando as plantas se desenvolvem e formam rizomas e completam seu primeiro ciclo vegetativo, seu controle é mais difícil. Quando as condições de umidade do solo para crescimento das plantas e aplicação do herbicida não são adequadas, têm sido aplicadas doses cada vez mais elevadas para controle de *Digitaria insularis*. Nessa espécie há formação de rizomas, e acredita-se que este órgão seja rico em amido, constituindo-se numa barreira para translocação do

herbicida, sendo fonte de reserva para sobrevivência, proporcionando dessa forma rápida rebrota das plantas tratadas com glyphosate após a morte da parte aérea.

Objetivou-se neste trabalho verificar o efeito de doses de glyphosate no controle de plantas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) cultivadas em diferentes condições de umidade do solo.

### 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de setembro a dezembro de 2004. O solo utilizado como substrato para o cultivo de *Digitaria insularis* foi um Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, textura franco-argilo-arenosa, cuja análise química revelou pH em água de 5,73; 4,3 mg dm<sup>-3</sup> de P; 97 mg dm<sup>-3</sup> de K; 2,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; e 3,2 dag kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica.

Sementes de *Digitaria insularis* coletadas a campo, em áreas onde o glyphosate vem sendo utilizado repetidamente no manejo das plantas daninhas, foram semeadas em bandejas plásticas, sendo as mudas transplantadas para vasos contendo 8,0 kg de substrato (solo + 10 kg de NPK m<sup>-3</sup> de solo na proporção de 8-28-16) quando apresentavam duas folhas. Cada vaso com três plantas constituiu uma unidade experimental. As plantas foram irrigadas diariamente, mantendo-se o solo próximo a 80% da capacidade de campo, e a cada 15 dias realizavam-se adubações, diluindo 20 g do fertilizante “Ouro Verde” em 10 L de água e aplicando 100 mL por vaso. Aos 45 Dias após a emergência (DAE) as plantas foram cortadas a 5 cm do solo. Quando as rebrotas se apresentavam em pleno crescimento vegetativo, aos 15 dias após a poda, foram submetidas às diferentes condições de umidade do solo (80, 70, 60 e 50% da capacidade de campo) e mantidas nessas condições até o segundo dia após aplicação do herbicida (17 dias sob diferentes níveis de umidade do solo).

A capacidade de campo do solo foi determinada de acordo com Embrapa (1997). Para quantificar a água suplementar necessária para cada condição de umidade, foi realizada no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Viçosa a curva de retenção de água (Figura 1). Transformou-se o volume de água gasto para chegar na

umidade desejada em massa, sendo em seguida calculado o peso total do vaso para as diferentes condições de umidade. Diariamente os vasos eram pesados, sendo completado o peso com água, de acordo com a necessidade para manter o solo nas diferentes umidades.

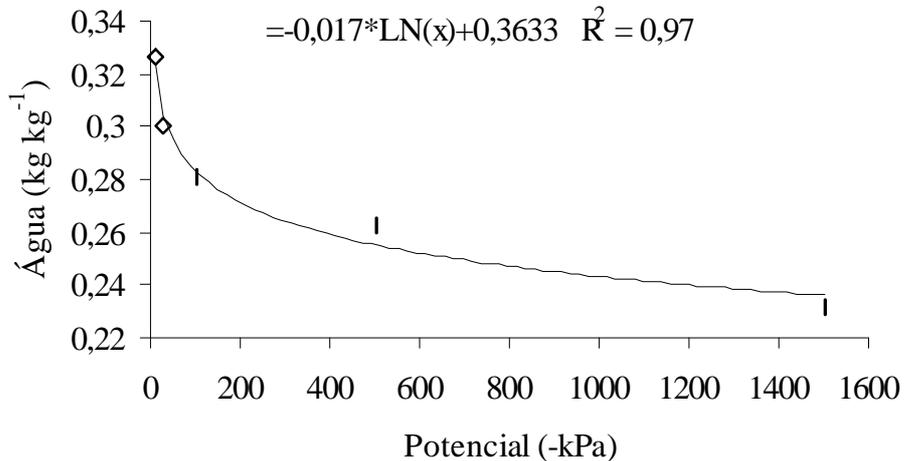


Figura 1 – Curva de retenção de água do solo usado para o crescimento de *Digitaria insularis*.

As doses de glyphosate aplicadas foram de 0, 540, 1.080, 1.620 e 2.160 g e.a ha<sup>-1</sup>. No terceiro dia após aplicação do herbicida, as condições de umidade foram elevadas para 80% da capacidade de campo em todos os tratamentos e mantidas até o final do experimento, através de irrigações diárias.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, no esquema fatorial (5 x 4), sendo cinco doses do herbicida e quatro condições de umidade. Durante o período do experimento foram anotados os dados climáticos referentes às temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação (Figura 2).

A aplicação do herbicida foi feita com pulverizador costal de precisão, pressurizado com CO<sub>2</sub>, equipado com barra de dois bicos XR-110.02, espaçados de 0,5 m, mantendo-se a pressão constante em 3,0 kgf cm<sup>-2</sup>, aplicando o equivalente a 150 L ha<sup>-1</sup> de calda. No momento da aplicação a umidade relativa do ar era de 84%, e a temperatura do ar, de 26 °C.

Aos 7 e 14 dias após a aplicação do glyphosate (DAA) foi realizada avaliação visual de controle, com base nos sintomas de intoxicação das plantas, considerando 0% ausência de intoxicação e 100% morte total das plantas. Aos 15 DAA, as plantas foram cortadas a 5 cm do solo, e 30 dias depois foi avaliada a rebrota, determinado-se a biomassa seca por vaso.

Os dados foram analisados estatisticamente. Na interpretação do efeito das doses em cada condição de umidade utilizou-se a análise de regressão. Foi adotado o modelo de regressão de acordo com a significância do quadrado médio da regressão e dos coeficientes de regressão.

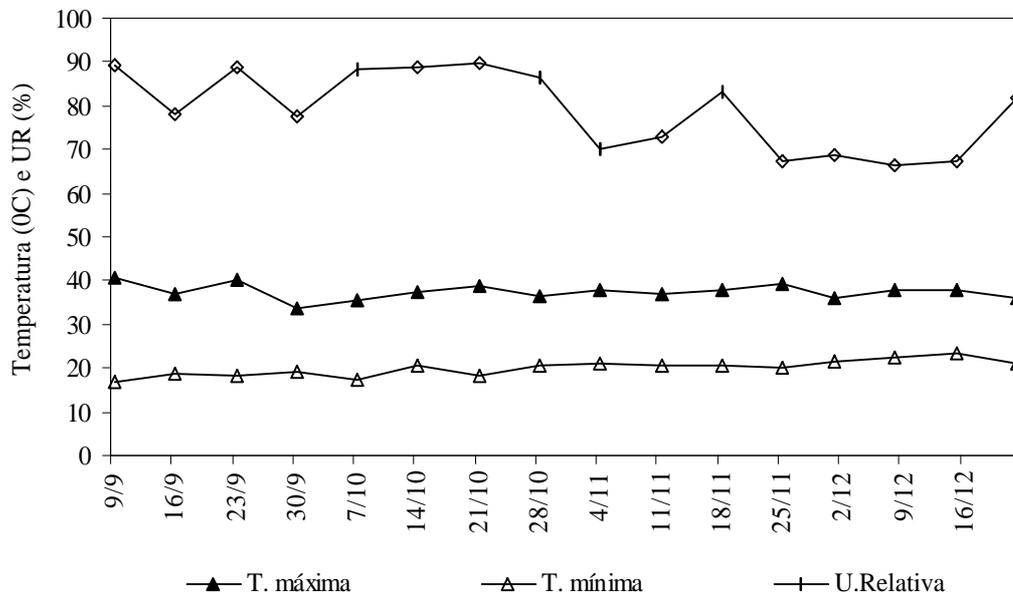


Figura 2 – Umidade relativa do ar e temperatura máxima e mínima no interior da casa de vegetação durante o período de condução do experimento

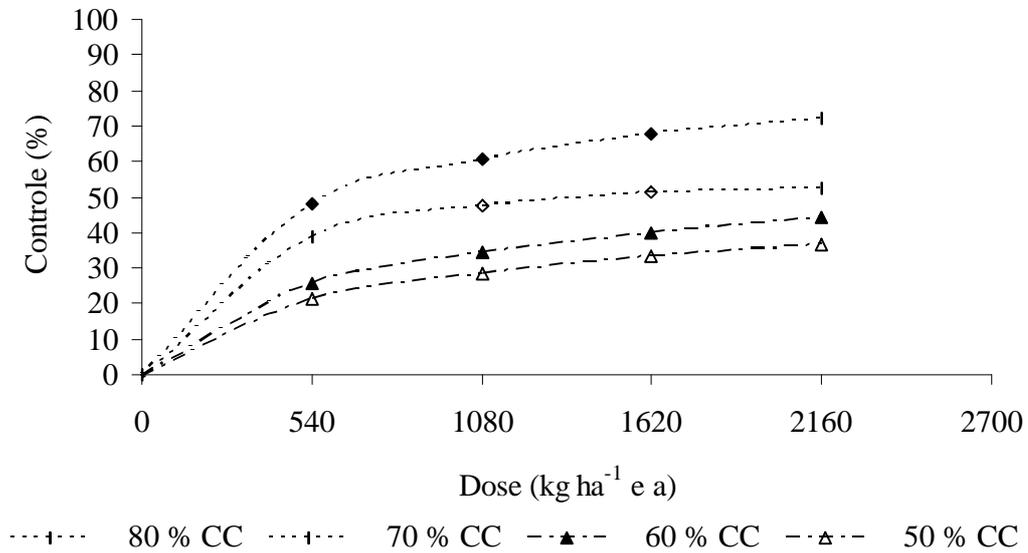
#### 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eficiência de controle de *Digitaria insularis* aos 7 e 14 DAA pelo glyphosate, de acordo com as doses e umidade do solo, pode ser observada nas Figuras 3 e 4.

Verifica-se que, aos 7 DAA do glyphosate, houve efeito do nível de umidade de solo, onde a porcentagem de controle cresceu com o aumento das doses e da umidade do solo (Figura 3), observando-se melhor controle em condição de umidade mais alta (80% da capacidade de campo). Todavia, na avaliação realizada aos 14 DAA (Figura 4), no solo mais seco (50% da capacidade de campo), apenas a menor dose de glyphosate (540 e.a ha<sup>-1</sup>) não apresentou controle de 100% das plantas de *Digitaria insularis*, indicando que em solos mais secos a ação do herbicida é mais lenta, o que sugere que, em condições de campo sob déficit hídrico prolongado, a eficiência de herbicida é menor, havendo necessidade de doses maiores do produto. Resultados semelhantes de controle para *Digitaria horizontalis*, em função de doses e formulações de glyphosate, foram observados por Jakelaitis et al. (2001).

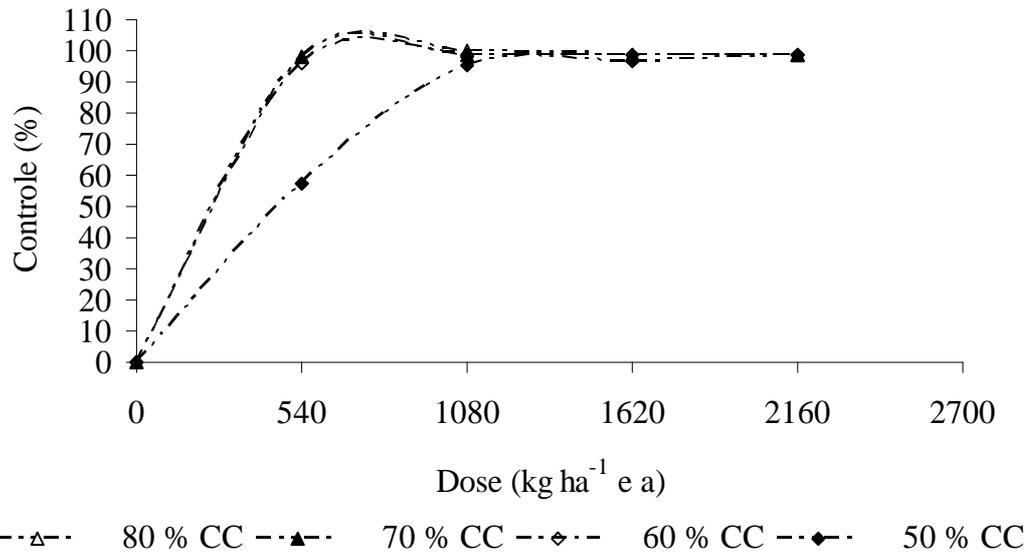
Não houve rebrota das plantas em nenhuma das doses e condições de umidade de solo avaliadas, o que indica eficiência de 100% no controle dessa espécie para todas as doses utilizadas de glyphosate. Novos estudos - com períodos de déficit hídrico mais prolongados e com plantas provenientes de rizomas após a segunda floração - são necessários para esclarecer o efeito do glyphosate sobre essa espécie.

Estudos anatômicos dessa espécie (capítulo 2) mostraram grande quantidade de amido nos rizomas, o que pode estar relacionado com variações de controle. Vargas et al. (1999) especulam que a elevada tolerância das espécies do gênero *Commelina* ao glyphosate esteja relacionada com a insensibilidade da enzima EPSPs dessas espécies ao herbicida. Entretanto, as diferenças na tolerância ao glyphosate entre espécies de *Commelina* foram atribuídas a diferenças morfológicas e fisiológicas, que possibilitam maior ou menor translocação do herbicida na planta (Tuffi Santos et al., 2004). Ainda de acordo com esses autores, a presença de amido em quantidades elevadas contribui para menor eficiência do glyphosate em *Commelina diffusa*, devido à menor translocação do herbicida no interior do órgão, acumulando menor quantidade de herbicida no sítio de ação, permitindo assim o desenvolvimento dos meristemas e a rebrota da parte aérea.



80 % = $-0,18146 + 2,57604x^{0,5} - 0,02190x$	$R^2 = 0,99$
70% = $-0,91571 + 1,22693 x^{0,5} - 0,02422x$	$R^2 = 0,95$
60% = $-0,34184 + 1,26917x^{0,5} - 0,00663x$	$R^2 = 0,98$
50% = $-0,29427 + 1,10717x^{0,5} - 0,00585x$	$R^2 = 0,95$

Figura 3 – Porcentagem de controle de *Digitaria insularis* aos 7 dias após aplicação de doses do glyphosate (0, 540, 1.080, 1.620 e 2.160 kg e.a ha<sup>-1</sup>) para as diferentes condições de umidade do solo (80, 70, 60 e 50% da capacidade de campo).



$80\% = 0,9211 + 5,8087x^{0,5} - 0,0809x$	$R^2 = 0,98$
$70\% = 1,0594 + 5,7801x^{0,5} - 0,0805x$	$R^2 = 0,98$
$60\% = 0,8806 + 5,6779x^{0,5} - 0,0784x$	$R^2 = 0,98$
$50\% = -1,3278 + 3,5887x^{0,5} - 0,0289x$	$R^2 = 0,97$

Figura 4 – Porcentagem de controle de *Digitaria insularis* aos 14 dias após aplicação de doses do glyphosate (0, 540, 1.080, 1.620 e 2.160 kg e.a ha<sup>-1</sup>) para as diferentes condições de umidade do solo (80, 70, 60 e 50% da capacidade de campo).

#### 4.5 LITERATURA CITADA

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.
- HAMMERTON, J. L. Environmental factors and susceptibility to herbicides. **Weeds**, v.15, p. 330-336, 1967.
- HARVEY, B. M. R.; CROTHERS, S. H. Effects of water stress on uptake and efficacy of glyphosate. **Ann. Appl. Biol.**, v. 113, n.1, p.61-68, 1998.
- HAY, J. R. Herbicide transport in plants. In: Audus, L. J. (Ed.) **Herbicides** 2. ed. London, Academic Press, 1976. Vol.1, p.365-396.
- JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; MIRANDA, G. V. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glyphosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Daninha**, v.19, n.2, p.279-285, 2001.
- KISSMANN, K. G., GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo I. São Paulo: BASF Brasileira, 1997. p.675 –678.
- NOOSAVI-NIA, H. R.; DORE, J. Factors affecting glyphosate activity in *Imperata cylindrica* (L) Beauv and *Cyperus rotundus* effects of soil moisture. **Weed Res.**, v.19, p.321-327, 1979.
- TUFFI SANTOS, L. D.; MEIRA, R. M. S. A.; SANTOS, I. C.; FERREIRA, F. A. Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *Commelina diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.101-107, 2004.
- VARGAS, L.; SILVA, A. A.; BORÉM, A.; REZENDE, S.T.; FERREIRA, F. A.; SEDIYAMA, T. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Viçosa: UFV, 1999. 131p
- WALIA, U. S.; GILL, H. S. Influence of variable levels of soil moisture and spray volume on the bioefficacy of substituted urea herbicides for control of *Phalaris minor* rets in nutrient. **J. Res.**, v.22, n.3, p.443-448, 1985.
- ZHANG, C. X.; PRICE, C. E. Effects os salinity and soil moisture stresse on the upteke, translocation & biolical activity of glyphosate in *Echinochloa crusgalli*. **Proceedings of Brighton Crop Protetion Conference**, v.2, p. 641-642, 1993.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

A importância de *Digitaria insularis* como espécie daninha se deve a sua grande capacidade de sobreviver e multiplicar-se em ambientes diversificados, persistência em áreas cultivadas e dificuldade de controle. Em cafezais do Estado de Minas Gerais e lavouras no sistema de plantio direto, onde o glyphosate vem sendo aplicado repetidamente, essa espécie tem tolerado as aplicações deste herbicida. Por isso, objetivou-se neste trabalho estudar aspectos da biologia de *Digitaria insularis* que pudessem influenciar o seu manejo e avaliar a eficiência de doses crescentes de glyphosate em plantas crescidas sob diferentes condições de estresse hídrico no controle desta espécie.

Foram conduzidos três experimentos em vasos contendo solo em condição de casa de vegetação: no primeiro, realizou-se análise de crescimento da espécie; no segundo, estudou-se a anatomia de *Digitaria insularis*, procurando-se identificar características anatômicas que possam estar relacionadas à sua tolerância ao glyphosate; e, no terceiro, avaliou-se o controle de *Digitaria insularis* pelo glyphosate nas doses de 0, 540, 1.080, 1.620 e 2.160 g e.a ha<sup>-1</sup>, nas condições de umidade do solo de 80, 70, 60 e 50% da capacidade de campo.

Concluiu-se que:

- *Digitaria insularis* apresenta lento acúmulo de massa seca até os 45 dias após a emergência (DAE).
- Após 45 DAE, o acúmulo de massa seca de *Digitaria insularis* foi rápido, completando o seu ciclo aos 105 DAE.

- Os rizomas começaram a ser formados aproximadamente após os 35 dias da emergência de *Digitaria insularis*.
- Plantas de *Digitaria insularis* provenientes de rizomas apresentaram maior índice estomático e maior número de estômatos por mm<sup>2</sup>, maior espessura na epiderme das faces adaxial e abaxial e maior espessura de lâmina foliar.
- *Digitaria insularis* contém grande quantidade de amido nas células do parênquima medular dos rizomas, o que proporciona rápida rebrota das plantas quando tratadas com glyphosate.
- As condições de estresse avaliadas não foram suficientes para interferir na ação do glyphosate nas doses avaliadas.