GERMANI CONCENÇO

CARACTERIZAÇÃO DE BIÓTIPOS DE CAPIM-ARROZ (*Echinochloa crusgalli*) RESISTENTES E SUSCETÍVEIS AO QUINCLORAC E DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA DETECÇÃO RÁPIDA DA RESISTÊNCIA

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

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

T
C744c
2008

Concenço, Germani, 1980-
Caracterização de biótipos de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) resistentes e suscetíveis ao quinclorac e desenvolmimento de método para detecção rápida da resistência / Germani Concenço. – Viçosa, MG, 2008.
xi, 78f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Francisco Affonso Ferreira.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Herbicidas. 2. *Echinochloa crusgalli*.
3. *Echinochloa crusgalli* - Absorção - Adsorção.
4. *Echinochloa crusgalli* - Meio ambiente - Adaptação.
5. *Echinochloa crusgalli* - Resistência a quinclorac.
6. Erva daninha. I. Universidade Federal de Viçosa.
I.Título.

CDD 22.ed. 632.954

GERMANI CONCENÇO

CARACTERIZAÇÃO DE BIÓTIPOS DE CAPIM-ARROZ (*Echinochloa crusgalli*) RESISTENTES E SUSCETÍVEIS AO QUINCLORAC E DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA DETECÇÃO RÁPIDA DA RESISTÊNCIA

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

APROVADA: 25 de julho de 2008.

Pesq. Plínio César Soares, D.Sc.

Prof. Antônio Alberto da Silva, D.Sc.
(Co-Orientador)

Pesq. Décio Karam, Ph.D.

Prof. Moacil Alves de Souza, D.Sc.

Prof. Francisco Affonso Ferreira, D.Sc.
(Orientador)

Aos meus Pais, Santim Concenço e Antônia Marli Dal-Pont Concenço, por terem me ensinado tudo sobre respeito, humildade e como agradecer a Deus pela vida.

Aos meus irmãos Sandro e Eraldo Concenço pelo amor e atenção ao longo de toda a minha vida.

À minha noiva Fernanda por me mostrar o maior e melhor de todos os sentimentos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, em particular ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – pela concessão da bolsa.

À minha noiva Fernanda pelo amor, companheirismo, dedicação, carinho, paciência e força de vontade.

Ao Professor Francisco Affonso Ferreira, pela orientação e amizade.

Ao Professor Antônio Alberto da Silva, pelas sugestões e acompanhamento constante que contribuíram de forma ímpar para a realização deste trabalho.

Aos amigos Evander Alves Ferreira, Alexandre Ferreira da Silva, Ignacio Aspiazú e Leandro Galon pelo companheirismo e auxílio.

A todos os demais colegas dos laboratórios de Plantas Daninhas, técnicos e pessoal de apoio que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Em especial, aos colegas e ex-orientadores André Andres, José Alberto Noldin, Luis Osmar Braga Schuch e Nei Fernandes Lopes por todo o tempo a mim dedicado ao longo da minha vida acadêmica.

CONTEÚDO

Página

RESUMO vi

ABSTRACT ix

INTRODUÇÃO GERAL 1

O gênero Echinochloa 2
Echinochloa crusgalli 4
Echinochloa cruspavonis 6
Importância como espécie daninha 7
Controle 10
Resistência de capim-arroz ao herbicida quinclorac 13
O quinclorac no contexto da resistência 14
Distribuição da resistência 15

OBJETIVOS 18

COMPETITIVIDADE DE BIÓTIPOS DE CAPIM-ARROZ (*Echinochloa crusgalli*) RESISTENTE E SUSCETÍVEL AO QUINCLORAC 19

RESUMO 19
ABSTRACT 20
INTRODUÇÃO 20
MATERIAL E MÉTODOS 22
RESULTADOS E DISCUSSÃO 23
LITERATURA CITADA 28

USO DA ÁGUA POR PLANTAS DE ARROZ EM COMPETIÇÃO COM BIÓTIPOS DE *Echinochloa crusgalli* RESISTENTE E SUSCETÍVEL A HERBICIDA 34

RESUMO 34
ABSTRACT 35
INTRODUÇÃO 35
MATERIAL E MÉTODOS 37
RESULTADOS E DISCUSSÃO 38
LITERATURA CITADA 43

EFEITOS DE DOSE E LOCAL DE APLICAÇÃO NA ABSORÇÃO DE QUINCLORAC POR BIÓTIPOS DE CAPIM-ARROZ (*Echinochloa crusgalli*) 48

RESUMO 48
ABSTRACT 49
INTRODUÇÃO 49
MATERIAL E MÉTODOS 51
RESULTADOS E DISCUSSÃO 52
LITERATURA CITADA 57

MÉTODO RÁPIDO PARA DETECÇÃO DE RESISTÊNCIA DE CAPIM-ARROZ (*Echinochloa crusgalli*) AO QUINCLORAC 61

RESUMO 61
ABSTRACT 62
INTRODUÇÃO 62
MATERIAL E MÉTODOS 64
RESULTADOS E DISCUSSÃO 66
LITERATURA CITADA 69

CONCLUSÕES GERAIS 73

LITERATURA CITADA 75

RESUMO

CONCENÇO, Germani, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho, 2008. **Caracterização de biótipos de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) resistentes e suscetíveis ao quinclorac e desenvolvimento de método para detecção rápida da resistência**. Orientador: Francisco Affonso Ferreira. Co-Orientadores: Antônio Alberto da Silva e Lino Roberto Ferreira

O gênero *Echinochloa* é o mais importante entre as gramíneas infestantes associadas ao arroz irrigado, em função de sua adaptabilidade ao ecossistema da cultura. Dentre os herbicidas utilizados na lavoura de arroz está o quinclorac, mimetizador de auxina, que reúne flexibilidade na aplicação (pré e pós-emergência), eficiência de controle de *Echinochloa* spp. e *Aeschynomene* spp., baixa toxicidade ao homem e animais, e seletividade à cultura do arroz. Os biótipos de capim-arroz resistentes ao herbicida quinclorac estão amplamente distribuídos nas áreas arrozeiras do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, onde as práticas de manejo se caracterizam por cultivos intensivos, baseados no controle químico de plantas daninhas e ausência de rotação de culturas. Objetivou-se com estes trabalhos caracterizar biótipos de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) resistentes e suscetíveis ao quinclorac e desenvolver método para detecção rápida da presença de resistência em biótipos desconhecidos. Todos os experimentos foram instalados em ambiente controlado. No primeiro experimento, os tratamentos constaram de densidades de plantas dos biótipos de capim-arroz comprovadamente resistente (ECH-13) e suscetível (ECH-17) ao quinclorac, oriundos

da região arrozeira de Itajaí/SC. No centro da unidade experimental, uma planta do biótipo, considerado como o tratamento, foi mantida competindo com o número de plantas do biótipo oposto na periferia de acordo com o tratamento (0, 1, 2, 3, 4 ou 5 plantas por vaso). Aos 40 dias após a emergência (DAE), foi avaliada a altura de plantas, número de afilhos e de folhas, área foliar, massa fresca e seca e conteúdo de água de colmos e folhas de ambos os biótipos. No segundo experimento, os tratamentos consistiram em manter uma planta de arroz da variedade BRS Pelota no centro da unidade experimental, competindo com 0, 1, 2, 3, 4 ou 5 plantas do biótipo resistente ou suscetível na periferia. Condutância estomática de vapores de água, pressão de vapor na câmara sub-estomática, temperatura e taxa transpiratória da folha, eficiência do uso da água pela relação entre quantidade de CO_2 fixado pela fotossíntese e a quantidade de água transpirada foram avaliados aos 50 DAE. No terceiro experimento, os tratamentos foram compostos por doses de quinclorac (0; 0,5; 1; 2; 4; 16 e 64 mg L^{-1}), aplicadas na parte aérea ou raízes das plântulas dos biótipos de capim-arroz resistente e suscetível ao herbicida, dez dias após a emergência. O comprimento, massa fresca e seca da parte aérea e das raízes das plantas foram avaliados aos 40 dias após a emergência. O quarto experimento foi composto por duas fases, uma em casa de vegetação (teste padrão) e outra em laboratório (teste rápido). No ensaio em laboratório, sementes de quatro biótipos de capim-arroz, caracterizados como resistentes ou suscetíveis ao quinclorac, foram semeadas em papel germitest umedecido com soluções de 0; 3,75; 18,75; 37,5; 187,5; 375 e 1875 mg L^{-1} do herbicida durante 14 dias a 25 ^{o}C. Em casa de vegetação os mesmos biótipos foram cultivados em vasos com capacidade de 10 L de solo. As plantas foram submetidas a aplicação de quinclorac nas doses de 0; 5,5; 187,5; 375; 750; 1500 e 3000 g ha^{-1}. Neste ensaio, aos 25 DAE, foram avaliadas a massa seca e altura de plantas. No ensaio em laboratório, a percentagem de sobrevivência aos 7 dias após semeadura (DAS), massa seca e o comprimento da parte aérea das plantas foram avaliadas aos 14 DAS. Os biótipos de capim-arroz resistente e suscetível ao quinclorac estudados são similares em relação ao potencial competitivo quando sob alta intensidade de competição. Entretanto, em algumas variáveis o biótipo suscetível se mostrou superior sob baixa ou moderada intensidade de competição. As plantas de arroz são afetadas de forma similar por ambos os biótipos avaliados. Comparando a produção de massa seca das diferentes partes da planta do biótipo suscetível, por local de

aplicação do herbicida, verificou-se que a ação do quinclorac é maior quando aplicado às raízes das plantas. Todavia, para o biótipo resistente, em função da alta tolerância deste ao quinclorac (superior a 128 vezes a dose recomendada) não foi possível determinar a dose que causa 50% de redução no acúmulo de massa seca (GR_{50}), nem o índice de resistência (RI) entre ambos os biótipos. Este fato evidencia que a resistência do biótipo avaliado ao quinclorac pode decorrer da alteração no local de ação do herbicida. O teste em laboratório para constatação da ocorrência da resistência é mais rápido, exige menos tempo, recursos humanos e materiais, com a mesma eficiência que o teste em casa de vegetação, e com a vantagem adicional de permitir aferições quanto ao nível de resistência entre biótipos resistentes.

ABSTRACT

CONCENÇO, Germani, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, july, 2008. **Characterization of barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*) biotypes resistant and susceptible to quinclorac and development of a quick test for the identification of resistance.** Adviser: Francisco Affonso Ferreira. Co-advisers: Antônio Alberto da Silva and Lino Roberto Ferreira

The E*chinochloa* genus is the most important in the Poaceae family associated to the irrigated rice, due to its adaptability for the rice crop environment. The herbicide quinclorac is an auxin-mimic herbicide used in the rice culture, whose characteristics are the flexibility in relation to the mode of application (pre- and post-emergence), high efficiency in the *Echinochloa* spp. and *Aeschynomene* spp. control, low toxicity to humans and animals, and selectivity to the rice crop. The barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*) biotypes resistant to quinclorac are vastly distributed in all the rice production areas of Rio Grande do Sul and Santa Catarina states, where the management practices include intensive systems based in the chemical control of weeds and absence of crop rotation. The objectives of these works were to characterize Echinochloa biotypes resistant and susceptible to quinclorac and to develop a method for quick identification of resistance in unknown biotypes. All the trials were installed under controlled environments. In the first trial, the treatments consisted of densities of both

barnyardgrass biotypes, resistant (ECH-13) or susceptible (ECH-17) to quinclorac, collected in the rice region of Itajaí/SC. At the center of the plot one plant of the biotype considered as the treatment was maintained, under competition with 0, 1, 2, 3, 4 or 5 plants of the opposite biotype at the periphery of the plot. Forty days after the emergence (DAE) the plant height, tillers and leaves number, leaf area and the fresh and dry matter of shoots were evaluated. In the second trial, the treatments consisted of one rice plant at the center of the plot surrounded by 0, 1, 2, 3, 4 or 5 barnyardgrass plants of the resistant or susceptible biotype, according to the treatment. The stomatal conductance of water vapor, substomatal water pressure, leaf temperature and transpiration rate were evaluated, being obtained yet the water use efficiency by the relation between the photosynthesis and the transpiration rates 50 DAE. In the third trial, the treatments consisted of quinclorac rates (0, 0.5, 1, 2, 4, 16 and 64 mg L^{-1}), applied to the shoot or roots of barnyardgrass seedlings 10 DAE. Forty DAE the length, fresh and dry mass were obtained independently for the shoot and the roots of the evaluated plants. The fourth trial consisted of two phases, being the first one conducted under laboratory (quick test) and the second one under greenhouse (standard test). In the trial conducted at germination chamber, seeds of four *Echinochloa* biotypes, characterized as resistant or susceptible to quinclorac, were sowed under concentrations of 0, 3.75, 18.75, 37.5, 187.5, 375 and 1875 mg L^{-1} of quinclorac for 14 days at 25ºC. Under greenhouse conditions, the same biotypes were sowed in vases containing 10 liters of soil and treated with rates of 0, 5.5, 187.5, 375, 750, 1500 and 3000 g ha^{-1} of quinclorac. In this trial the dry mass and plant height were evaluated 25 DAE, and at germination chamber, the dry mass and plant height were evaluated 14 days after sowing (DAS), and the survival was evaluated 7 DAS. The barnyardgrass biotypes studied, resistant or susceptible to quinclorac, are similar in relation to the competitive ability when under high competition levels, with some advantages for the susceptible one under low or moderate competition levels. The rice plants are affected in a similar way by both biotypes. When the dry mass of the plant sections of the susceptible biotype were compared as a function of mode of quinclorac application, it was observed that the quinclorac is more effective when applied to the roots. However, for the resistant biotype, due to the high resistance level (above 128 times the recommended dose) it was not possible to determine the quinclorac dose that caused 50% of reduction

in the dry mass accumulation (GR_{50}), nor the resistance index (RI) between biotypes. According to these data, it is possible to speculate that the resistance of barnyardgrass to quinclorac may be due to an alteration at the quinclorac target site in the plant. The quick test, conducted in laboratory for resistance identification, demanded less time, human and material resources than the standard test, with the same precision. In addiction, it was possible to differ resistant biotypes in relation to their resistance level.

INTRODUÇÃO GERAL

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, e está presente na dieta de aproximadamente 50% da população mundial. No Brasil além da importância sócio-econômica, é responsável por cerca de 12% das proteínas e 18% das calorias presentes na alimentação básica do brasileiro (Embrapa, 2007). Na produção de arroz dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina predomina o sistema irrigado, onde a maior produtividade está associada ao aprimoramento de práticas culturais e ao uso de cultivares com alto potencial produtivo (Yokoyama et al., 1998).

Na cultura do arroz irrigado destacam-se algumas espécies daninhas, como é o caso do arroz-vermelho (*Oryza sativa*), cujo controle é difícil, isto porque pertence à mesma espécie que o arroz cultivado; e o capim-arroz (*Echinochloa* spp.), infestante da mesma família do arroz, de alto potencial de competitividade e vastamente distribuído em todas as regiões orizícolas do mundo (Valverde et al., 2001).

As plantas daninhas por estarem sendo, indiretamente, selecionadas para condições adversas, obtêm seus elementos vitais com maior eficiência: extraem água, nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente quatro, cinco, três e seis vezes mais que as plantas cultivadas (Lorenzi, 1994; Silva et al., 2007). Embora Soares Sobrinho (1973) afirme que das nove piores espécies daninhas consideradas do mundo, sete são C_4, salienta-se que esta afirmação atualmente pode não ser completamente verdadeira, em função de tecnologias específicas adotadas em cada cultura, como o sistema Clearfield em arroz irrigado, e o sistema Roundup Ready na soja. Além disso, alguns

herbicidas foram retirados do mercado neste período, enquanto muitos outros foram adicionados. Os herbicidas inibidores da ALS, por exemplo, só começaram a ser utilizados em campos de produção a partir da década de 1980 (Saari et al., 1994).

O arroz é uma planta C_3 que apresenta baixo ponto de compensação luminosa e baixa eficiência de uso de água em comparação com plantas C_4, como o capim-arroz (Bouhache & Bayer, 1993). Essas características devem ser consideradas quando do controle do capim-arroz em lavouras de arroz, pois na época de semeadura podem ocorrer altas temperaturas e altas luminosidades, que favorecem mais o desenvolvimento de plantas C_4.

Comparado às pragas e doenças de plantas, as plantas daninhas têm ciclo de reprodução mais longo e isso contribui para a evolução relativamente lenta de plantas daninhas resistentes. O 2,4-D é utilizado continuamente desde 1946 (Hilton, 1957); no entanto, 60 anos depois a resistência a auxinas sintéticas foi documentada em 25 espécies (Heap, 2007). Herbicidas pertencentes ao grupo das auxinas sintéticas são considerados de "baixo risco" para a evolução de resistência. O quinclorac, em particular, é classificado como uma auxina sintética de médio risco para a seleção de biótipos de plantas resistentes (Valverde et al., 2001).

Algumas espécies e biótipos de *Echinochloa*, no sul da Europa e nos Estados Unidos, apresentam variações naturais de sensibilidade ao quinclorac (Prado & Franco, 2004; Heap, 2008). Este fato existe independentemente do histórico de aplicação de quinclorac. Grossmann (1998) afirma que raízes de capim-arroz intactas foram apenas três vezes mais sensíveis ao quinclorac que raízes de arroz, afirmando ainda que a parte aérea é a principal responsável pela seletividade.

O gênero Echinochloa

O gênero *Echinochloa* compreende aproximadamente 50 espécies, incluindo sub-espécies e variedades (Michael, 1983), que exibem muitas variações e a taxonomia pode ser confusa (Yabuno, 1983). Existem espécies anuais com 18, 27 ou 54 pares de cromossomos, e plantas perenes com 18, 27 e 63 pares de cromossomos (Kim, 1994); no entanto, todas as espécies são hexaplóides.

Além da taxonomia confusa, existem variações no hábito de crescimento,

comprimento da inflorescência e tamanho das espiguetas. Plantas muito confundidas são *E. crusgalli* var. *praticola* e *E. crusgalli* var. *austro-japonensis* (Michael, 1983), que indicam a dificuldade de se estabelecer limites para a identificação de espécies neste gênero. Essa dificuldade deve-se às hibridizações entre as espécies e adaptações ao ambiente (Strehl & Vianna, 1997). As espécies mais comuns são *E. crusgalli* e *E. colona*. De maneira geral, *E. colona* possui sementes mais arredondadas e menores do que as demais espécies de *Echinochloa* e sua semente não é aristada. *E. crusgalli* geralmente possui sementes aristadas, mas podem ocorrer plantas com sementes sem aristas (Valverde et al., 2001).

Echinochloa spp. é também caracterizada pela sua capacidade de adaptação a diversos ambientes de crescimento relacionados à cultura do arroz. No Japão, Yabuno (1983) documentou uma forma de *E. crusgalli* que durante o estado vegetativo é muito similar às plantas de arroz. Isso provavelmente ocorreu em resposta ao controle manual da planta infestante. *E. colona* predomina nas regiões tropicais e subtropicais enquanto *E. crusgalli* é cosmopolita (Valverde et al., 2001). Estas necessitam de temperaturas relativamente altas para a germinação das sementes em solos de várzeas subtropicais, porém inferiores a temperatura ideal de germinação do arroz (Andres & Menezes, 1997a).

Plantas de capim-arroz raramente são encontradas em locais sombreados (Ramakrishnan, 1960), pois possuem metabolismo do carbono pelo ciclo C_4. *E. crusgalli* é mais adaptada a condições de anaerobiose, estando apta a germinar mesmo com lâmina de água de 10 cm (Kim, 1994). A alta produção de sementes também é uma característica que influencia tanto a sobrevivência das espécies de capim-arroz, como sua importância como daninha. No Brasil, a resistência ao quinclorac ocorre em populações de *E. crusgalli* e *E. cruspavonis* (Heap, 2008).

As plantas de capim-arroz caracterizam-se por serem anuais e por reproduzirem por sementes. Esta planta prefere solos mais pesados e desde que as folhas permaneçam emersas, são capazes de se desenvolver bem em áreas inundadas. Em solos ácidos desenvolvem-se bem com pH a partir de 4,5, com fotossíntese pelo ciclo C_4, onde as moléculas de carbono não são capturadas diretamente pela ribulose-bisfosfato carboxilase oxigenase (Rubisco), mas sim por uma enzima específica, a PEP carboxilase (Taiz & Zeiger, 2004). As sementes apresentam longa viabilidade, podendo

alcançar 100% de germinação mesmo após sete anos de armazenamento em condições ótimas, e 90% após três anos no solo (Kissmann, 1997). O crescimento inicial é bastante rápido, como observado em diversas outras espécies com metabolismo C_4. São plantas eretas, cujo porte e demais características morfológicas são influenciadas pelas condições ambientais. Em condições de campo observam-se diferenças no comprimento de aristas das espiguetas e no número e comprimento de espínulas nas glumas. Kissmann (1997) relata as características particulares de algumas espécies do gênero *Echinochloa*, sendo transcritas a seguir as espécies onde a resistência ao herbicida quinclorac é atualmente relatada no Brasil (Heap, 2008).

Como característica comum para *E. crusgalli* e *E. cruspavonis*, os colmos são arredondados ou ocasionalmente achatados, com ramificações basais. Em lavoura inundada os colmos são eretos. Em áreas não inundadas a parte basal pode ser decumbente, com enraizamento a partir de nós em contato com o solo. A parte superior é sempre ereta. Não apresentam rizomas ou estolões, e as raízes são fasciculadas e fibrosas. As folhas apresentam bainhas abertas, pouco sobrepostas, com ausência de lígula. As lâminas são linear-lanceoladas com até 30 cm de comprimento, planas, com margens raramente onduladas, de coloração verde-clara.

Echinochloa crusgalli

As lâminas foliares apresentam a face ventral lisa, com pequenas saliências sobre os feixes primários. A face dorsal é lisa, com nervura mediana de forma angular. Ambas as epidermes com papilas, exceto sobre a nervura mediana. Ocorrem 5 a 8 feixes vasculares primários na meia lâmina, juntamente com 24 a 28 feixes secundários e 30 a 33 terciários. Bainha perifloemática ausente. Esclerênquima dorsal mais abundante. Nervura mediana com cavidades provindas de células estreladas (Figura 1).

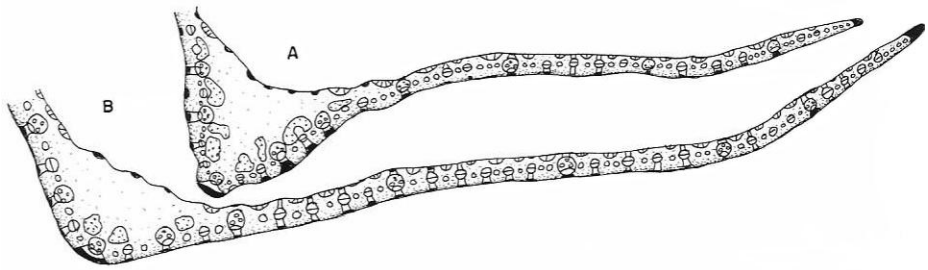

Figura 1. Cortes transversais em meia lâmina de folha caulinar de *E. crusgalli*. Fonte: Kissmann, (1997).

O revestimento epicuticular apresenta 27% de componentes não polares (n-alcanos) e 72% de componentes polares (n-álcoois). Panícula ereta, com 10 a 15 cm de comprimento; racemos discretamente compostos. Coloração verde ou com tons purpurescentes. As espiguetas são ovaladas, de comprimento entre 2,8 e 3,7 mm, sem aristas, espinuladas (Figura 2).

Figura 2. Detalhes morfológicos de panícula (A), espigueta (B), bainha da folha (C) e plântula (D) de *E. crusgalli*. Fonte: Kissmann, (1997).

Echinochloa cruspavonis

As lâminas foliares caracterizam-se pela ausência de papilas em ambas as faces das folhas. Na Figura 3, esquematiza-se o corte transversal em meia lâmina de folha caulinar de *E. cruspavonis*.

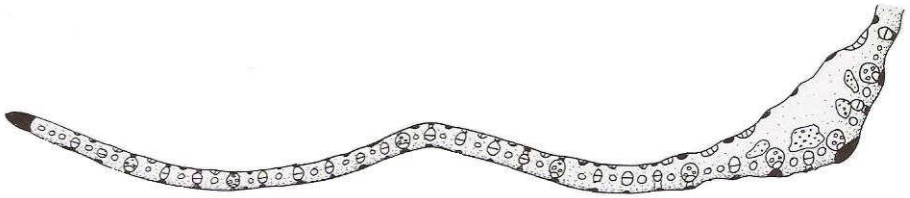

Figura 3. Corte transversal em meia lâmina de folha caulinar de *E. cruspavonis.* Fonte: Kissmann, (1997).

As espiguetas são espinulosas, com aristas que podem variar de 1 a 9 mm de comprimento (Figura 4).

Figura 4. Detalhe de panícula e espigueta de *E. cruspavonis*. Destaca-se a elevada ocorrência de aristas, quando comparado a *E. crusgalli*. Fonte: Kissmann, (1997).

Importância como espécie daninha

O gênero *Echinochloa* é o mais importante entre as gramíneas infestantes associadas ao arroz, tanto irrigado como de terras altas, em função de sua adaptabilidade ao ecossistema da cultura (Andres & Machado, 2004). *E. colona* é uma espécie importante em cinco das principais culturas do mundo, abaixo da latitude 30°N na Ásia, nas partes quentes da Austrália, e em ilhas do Pacífico; é um importante problema no arroz, cana-de-açúcar e sorgo (Valverde et al., 2001).

No arroz irrigado, sua importância deve-se principalmente à vasta distribuição e alta infestação das lavouras (Andres & Machado, 2004). Por ser adaptada ao ambiente hipóxico, concorre com as plantas de arroz durante todo o ciclo, e o controle é limitado ainda pelas semelhanças morfofisiológicas (Bressan et al., 2004). A competição desta gramínea com o arroz irrigado reduz a produtividade (Eberhardt et al., 1999), de forma direta em função da população de plantas na área (Figura 5a e 5b). Andres & Menezes (1997a) verificaram que cada planta de capim-arroz por metro quadrado reduz a produtividade do arroz em 64 kg ha^{-1}. Galon et al. (2007) encontraram que uma planta de capim-arroz por metro quadrado pode reduzir entre 5 e 30% a produtividade do arroz irrigado em função da cultivar, da época de entrada de água na lavoura e do herbicida utilizado para o controle desta espécie daninha.

Na cultura do arroz, o período crítico de competição inicia-se a partir do 15º dia e prolonga-se até o 45º dia após a emergência (DAE), período em que o arroz deve ser mantido livre da competição com plantas daninhas (Silva & Durigan, 2006). No arroz irrigado o término deste período pode ser modificado pelo início da inundação da área. Assim, quanto mais tarde for realizado o controle, menor será a produtividade.

O potencial de rápida germinação e emergência das espécies de *Echinochloa* amplia sua importância no período inicial de desenvolvimento da lavoura. Concenço et al. (2007) estudaram o potencial de emergência e crescimento inicial de plântulas de capim-arroz e de arroz cultivado em função do nível de umidade do solo, e concluíram que sob condições semelhantes de semeadura, em condições favoráveis de umidade, as sementes de arroz tendem a emergir antes que as de capim-arroz. Em condições de deficiência hídrica leve a moderada, as sementes de capim-arroz conseguem manter os

níveis de germinação enquanto a germinação do arroz é retardada. Deve-se lembrar que, em boa parte do Rio Grande do Sul, os últimos meses do ano, quando se realiza a semeadura, são caracterizados por baixa intensidade de precipitação pluvial e défice de água no solo (Chagas et al., 2001).

No mesmo trabalho, os autores salientam que durante os primeiros dias após a emergência, as plantas de arroz são capazes de acumular maior massa que as plantas de capim-arroz. No entanto, este crescimento não é dependente somente da capacidade fotossintética, mas provavelmente também das reservas da semente, muito maior em sementes de arroz. Após o crescimento inicial, o capim-arroz assume taxa de crescimento muito superior ao observado em plantas de arroz. O mecanismo mais eficiente de captura de CO_2 (enzima PEP carboxilase), e a ausência de fotorrespiração detectável em função da presença da bainha do feixe vascular, que evita a perda das moléculas de CO_2 eventualmente fotorrespiradas, tornam as plantas C_4 normalmente mais competitivas no verão (Silva et al., 2007).

A competição por luz entre o arroz e as plantas daninhas ocorre sempre que as últimas, ao crescer, provocam sombreamento no arroz diminuindo a intensidade e qualidade da luz recebida (Sandri et al., 2003). Plantas mais altas apresentam maior facilidade em competir, principalmente, devido à quantidade de luz interceptada (Taiz & Zeiger, 2004). Isto se torna problema quando consideramos que plantas de capim-arroz apresentam maior altura que plantas de arroz quando a cultura se encontra em estádio mais adiantado. É notável a competição por luz (Figura 5b). O capim-arroz é uma planta de metabolismo C_4, com maior porte e potencial de acúmulo de massa que plantas de arroz, em condições de alta temperatura e luminosidade. Entre as cultivares de arroz existe correlação positiva entre a estatura e a habilidade competitiva (Andres & Machado, 2004).

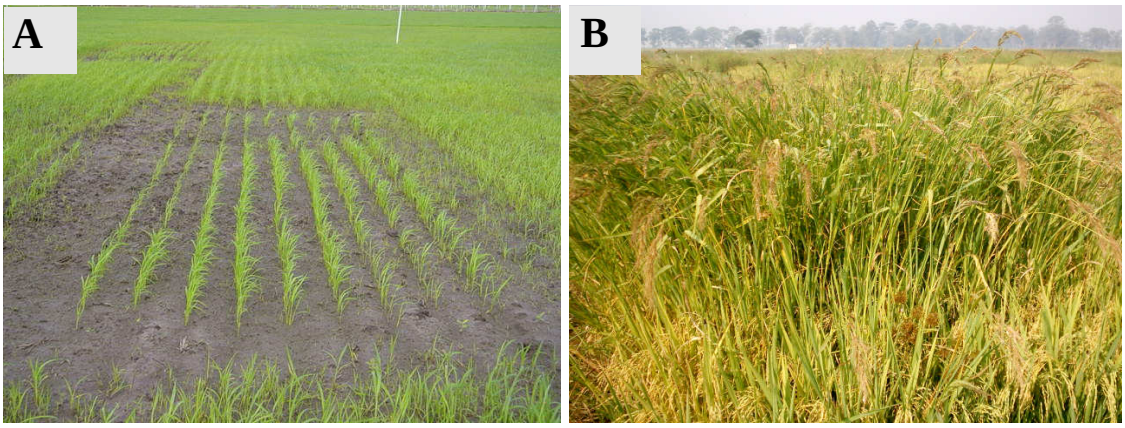

Figura 5. Área com 5 anos de cultivo contínuo com arroz irrigado **(A)**, destacando o nível de infestação. **(B)** Diferença de porte entre plantas de arroz (a frente) e de capim-arroz (ao fundo) no final do ciclo da cultura. Fonte: fotos do autor.

Boscardin et al. (2006) estudaram o efeito da temperatura no crescimento da parte aérea e das raízes de plântulas de capim-arroz, e determinaram que o crescimento foi máximo na temperatura de 23,6^{o} e 21,7^{o}C para a parte aérea e raízes, respectivamente. A temperatura base mais baixa para o crescimento da radícula em relação a da parte aérea é uma estratégia ecológica importante para a sobrevivência da espécie. Assim, a maior habilidade da radícula para crescer em condições mais frias, quando comparada com a parte aérea, facilitaria a fixação mecânica das plântulas emergentes e a captura e translocação dos recursos disponíveis para o crescimento das plântulas (Roman, 1998).

Aliado à maior capacidade de germinação sob défice hídrico e a plasticidade quanto à temperatura de germinação, o capim-arroz é problemático por ocorrer em altas densidades. Melo et al. (2004) conduziram estudo em área experimental, onde o solo foi preparado no sistema convencional, com aração e gradagem, no início do mês de novembro. Após, foram demarcadas áreas de 1 m^{2} onde contagens semanais da emergência de plântulas de capim-arroz foram conduzidas, sendo todas as plantas presentes na parcela eliminadas a cada nova contagem, de forma a manter o solo constantemente limpo. Estes autores determinaram que, em área com histórico de monocultivo de arroz por 5 anos, a emergência potencial das sementes de capim-arroz do banco do solo foi próxima a 2600 plântulas m^{-2} durante um único ciclo de cultivo (Figura 6).

Andres & Menezes (1997b), trabalhando com controle de capim-arroz e

produtividade de grãos de arroz em três épocas de irrigação após a aplicação de herbicidas, verificaram que o atraso da irrigação após a aplicação pode diminuir o controle de capim-arroz e a produtividade de grãos de arroz irrigado. Gomes et al. (2001), trabalhando com a influência da densidade de plantas de capim-arroz no rendimento de grãos da cultura do arroz, determinaram que populações acima de 50 plantas m^{-2} causam redução acentuada no rendimento de grãos, podendo atingir 85% de perdas quando a densidade de plantas de capim-arroz é próxima a 100 plantas m^{-2}. Além disso, demonstraram que é necessário controle superior a 90% desta espécie para evitar danos consideráveis à produtividade (Figura 7).

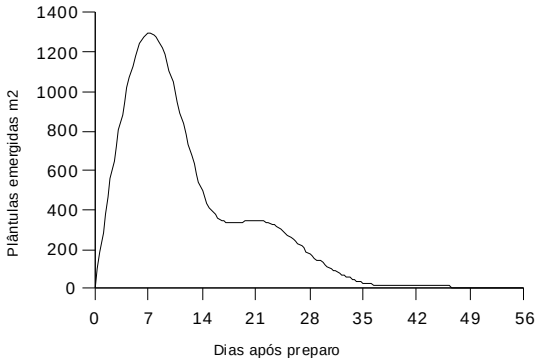

Figura 6. Emergência potencial de plântulas de capim-arroz (*Echinochloa* spp.), após o preparo e o solo mantido descoberto. Fonte: Melo et al. (2004).

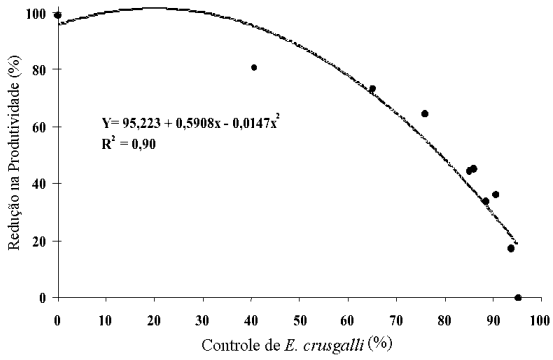

Figura 7. Redução na produtividade de grãos da cultura do arroz irrigado, em função do controle de capim-arroz. Fonte: Gomes et al. (2001).

O capim-arroz destaca-se como uma das espécies daninhas mais problemáticas no cultivo do arroz irrigado nos Estados Unidos (Gianessi et al., 2002), no Brasil (Andres & Machado, 2004), e em todos os demais Países produtores de arroz (Valverde et al., 2001). As perdas relacionadas à presença das espécies de *Echinochloa* somam milhares de toneladas anualmente. Embora com várias opções de controle, geralmente o produtor lança mão do controle químico como a mais eficiente alternativa de manejo.

Controle

O capim-arroz, mesmo com suas características de metabolismo C_4, temperatura ótima diferencial para crescimento de parte aérea e raízes, alta permanência no banco de sementes, capacidade relativa de germinação mesmo em baixo nível de

oxigênio (lâmina de água) e altas densidades de infestação, é uma espécie de controle relativamente fácil, com mais de 50 opções de controle, que englobam os métodos preventivos, culturais, físicos, mecânicos e químicos. Normalmente o produtor opta pelo controle químico, principalmente em função da praticidade e economicidade. Na Tabela 1 são apresentados os produtos para os quais o capim-arroz apresenta suscetibilidade (Sosbai, 2007).

De maneira geral, os herbicidas inibidores das enzimas acetil coenzima-A carboxilase (ACCase) e acetolactato sintase (ALS) e recomendados para a cultura do arroz controlam as espécies de capim-arroz. No entanto, vários outros princípios ativos estão disponíveis no mercado para o controle de capim-arroz (Sosbai, 2007). Deve-se tomar cuidado quanto à modalidade de aplicação de cada produto, a dose, o estádio da planta daninha, condições ambientais, estado de conservação e calibração dos pulverizadores e aos adjuvantes recomendados.

A rotação de culturas é ferramenta eficiente no manejo de espécies daninhas de difícil controle. Deste modo quando se faz rotação de culturas de verão como milho, sorgo ou soja, é possível utilizar herbicidas eficientes no controle do arroz-vermelho e capim-arroz. Isto terá como conseqüência a redução da infestação na cultura do arroz das espécies de difícil controle e os benefícios de produção serão visíveis no próximo ano da rotação.

O manejo de rotação, aliado a métodos eficientes de controle de plantas daninhas, reduz a população de capim-arroz em áreas de arroz irrigado (Andres et al., 2002a,b). Ao optar por uma rotação de culturas no Rio Grande do Sul, todos os cuidados devem ser tomados nas áreas de várzeas do sul do Estado, sendo de vital importância um sistema de drenagem eficiente. Além disso, é aconselhável realizar rotação de culturas pelo menos por dois anos.

Tabela 1. Produtos registrados para controle de espécies de capim-arroz em arroz irrigado

Mecanismo de ação	Princípio ativo	Marca comercial	Mecanismo de ação	Princípio ativo	Marca comercial
Inibidor da ACCase	clefoxydim	Aura 200 CE	Inibidor da formação de microtúbulos	pendimethalin	Herbadox 500 CE
	cyhalofop-n-butyl	Clincher 180 CE	Inibidor do Fotossistema II	propanil	Vários
	fenoxaprop-p-ethyl	Starice 69 CE Whip-S 69 EW	Inibidor da Protox	oxadiazon	Ronstar 250 BR
				oxyfluorfen	Goal
Inibidor da ALS	bispyribac-sodium	Nominee 400 SC	Mimetizador de auxina	quinclorac	Facet 500 PM
	penoxsulam	Ricer 240 SC	**Misturas de princípios ativos**		
	imazethapyr+ imazapic	Only	Inibidor FS II + Inibidor do cresc. P.A.	propanil + molinate	Arrozan 360+360CE
Inibidor da biossíntese de carotenóides	clomazone	Gamit 500 CE		propanil + thiobencarb	Grasscarb 470+200CE Satanil 200+400CE
Inibidor do crescimento da parte aérea	thiobencarb	Saturn 500 CE	Inibidor FS II + Mimet. Auxina	propanil + 2,4-D	Herbanil 340+28CE
				propanil + triclopyr	Stampyr BR 340+80CE

Fonte: Adaptado de Sosbai (2007).

Muitas vezes o aspecto econômico, ou outro fator adverso, limita o uso da rotação de culturas. Nestes casos, embora menos indicado, deve-se lembrar de realizar, no mínimo, a alternância de princípios ativos de diferentes mecanismos de ação, como ferramenta no combate ao surgimento de plantas daninhas resistentes. Parte dos herbicidas disponíveis no mercado com registro para a cultura do arroz são considerados como de médio ou alto risco para o desenvolvimento de resistência (Valverde et al., 2001).

Resistência de capim-arroz ao herbicida quinclorac

Os herbicidas, dentro de um programa de manejo integrado, representam importante ferramenta de controle das plantas daninhas. Várias auxinas sintéticas (2,4-D, MCPA, dicamba, fluroxypyr, picloram, triclopyr), pertencentes ao grupo O de acordo com a classificação do HRAC (*Herbicide Resistance Action Committee*), são utilizadas no arroz para o controle de folhas largas e ciperáceas em algumas partes do mundo, mas apenas um princípio ativo deste grupo é utilizado para o controle de capim-arroz, o quinclorac. As plantas absorvem rapidamente o quinclorac e o translocam tanto basipeta como acropetamente (Zawierucha & Penner, 2000).

O tempo necessário para o surgimento de um biótipo de planta daninha resistente a determinado herbicida é influenciado pelas características do herbicida e da planta em questão (Sandri et al., 2003). As características da espécie daninha a considerar são freqüência gênica, tamanho e viabilidade do banco de sementes no solo, entre outras, enquanto que os fatores do herbicida a considerar são eficiência, dose, freqüência de aplicação e persistência no solo. Deve-se determinar a importância relativa destes fatores através de testes “modelo” (Gressel & Segel, 1990; Morrison & Friesen, 1996). A pressão de seleção imposta pelo herbicida é o fator mais importante na evolução de populações de plantas daninhas resistentes (Saari et al., 1994).

Trabalhos preliminares conduzidos na Embrapa (Andres et al., 2002a, b) indicam a ocorrência de biótipos de capim-arroz resistentes ao quinclorac com maior e com menor velocidade de germinação e crescimento inicial que o biótipo suscetível de referência, em função principalmente do local de origem. Logo, estes biótipos podem tanto ter reduzido, como ter mantido ou incrementado sua freqüência na população ao longo do tempo, na ausência do agente selecionador (Christoffoleti et al., 1994; Walsh et al., 2001).

O quinclorac no contexto da resistência

Dentre os herbicidas utilizados na lavoura de arroz está o quinclorac, mimetizador de auxina que reúne flexibilidade na aplicação (pré e pós-emergência), eficiência de controle de *Echinochloa* spp. e *Aeschynomene* spp., baixa toxicidade ao homem e animais, e seletividade à cultura do arroz.

O quinclorac começou a ser utilizado nas regiões orizícolas dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina no início da década de 1990, sendo utilizado intensamente até meados de 1999, quando foram observadas falhas de controle de capim-arroz com muita freqüência. Estudos realizados por instituições do Sul do País confirmaram a ocorrência de resistência (Eberhardt et al., 2000; Menezes & Ramirez, 2000; Merotto Jr. et al., 2000; Schaedler et al., 2008).

Acredita-se que haja relação entre o quinclorac e a enzima acetilcoenzima-A carboxilase (ACCase). Quando colmos e raízes destacadas das plantas de *E. crusgalli* foram tratadas com quinclorac *in vitro*, a síntese de ACCase foi estimulada nos tecidos da raiz. Tratamentos com ACCase via sistema vascular levaram a um incremento na atividade da ACC sintase em tecidos de colmos, mas não em plantas intactas, não ocorrendo mudanças na formação do etileno, atividade da enzima 1-aminociclopropano-1-carboxilato sintase (ACC sintase), e níveis de ACC (Grossmann & Scheltrup, 1997).

O efeito do quinclorac em folhas largas é similar a uma dose elevada de auxina, estimulando a síntese acelerada de etileno e promovendo a acumulação de ácido abscísico. Em *Echinochloa* spp. provoca a acumulação de cianeto tóxico. O cianeto não se acumula em arroz tolerante ou em biótipos resistentes de *Echinochloa hispidula* (Grossman, 1998). De acordo com Valverde et al. (2001), seis espécies de capim-arroz possuem populações resistentes ao quinclorac no mundo, sendo elas *E. colona*, *E. crusgalli*, *E. cruspavonis*, *E. hispidula*, *E. oryzicola* e *E. oryzoides*. No Brasil, a resistência ao quinclorac ocorre em populações de *E. crusgalli* e *E. cruspavonis* (Heap, 2008).

Distribuição da resistência

O mapeamento da ocorrência de resistência pode auxiliar na determinação da gravidade do problema, e auxiliar na identificação de características climáticas ou de manejo em comum que possam influenciar a expressão da resistência, ou mesmo estar apressando o processo de seleção do biótipo resistente. Além disso, o mapeamento pode mostrar se a resistência se desenvolveu isoladamente ou foi disseminada de algumas regiões para as demais (Vidal et al., 2004; Hernandes et al., 2005).

Andres et al. (2007) conduziram trabalho de mapeamento da ocorrência de capim-arroz resistente ao quinclorac no Estado do Rio Grande do Sul, com amostragens também em alguns municípios do Estado de Santa Catarina. As sementes foram coletadas durante duas safras, em locais onde havia queixas de falhas na eficiência de quinclorac no controle de capim-arroz. Em laboratório foi determinada a curva de germinação e mortalidade de plântulas em função das doses de 0, 1, 2, 6, 16 e 32 vezes a registrada no MAPA do herbicida quinclorac. Em casa de vegetação, o coeficiente de resistência (RI) foi estabelecido para os biótipos suscetíveis de referência e para aqueles com suspeita de resistência. Aos 20 dias após a emergência (DAE), foi aplicado o quinclorac. Os autores observaram que a germinação não foi influenciada pelo incremento na concentração de quinclorac, mas sim pelos biótipos (Figura 8). Todas as sementes germinaram e iniciaram o processo de crescimento normalmente, no entanto plântulas originadas de sementes de biótipos suscetíveis apresentaram necrose três ou quatro dias após a emergência e a morte ocorria até o 10° dia.

O controle dos biótipos em casa-de-vegetação na dose (2x) de distinção entre resistente e suscetível foi variável, no entanto foi possível identificar e agrupar os biótipos em três níveis: de baixa, moderada e alta resistência (Figura 9). O grupo de baixa resistência incluiu genótipos provenientes de duas áreas: de onde somente plantas isoladas não são controladas, e de onde a resistência ainda está ausente em decorrência de intensidade de seleção baixa ou moderada (Saari et al., 1994). Os genótipos do grupo de alta resistência ocorreram em áreas cujas práticas culturais adotadas (ausência de métodos de controle alternativo, de rotação de culturas e de herbicidas) contribuíram para a rápida seleção das plantas resistentes e redução da freqüência das suscetíveis. Os

genótipos com resistência moderada (ao centro da Figura 9), foram provenientes de localidades onde a população passa por fase de transição, com redução da freqüência de plantas suscetíveis e incremento das resistentes (Vidal et al., 2004), em função da adoção de práticas de manejo diversificadas ou rotação de culturas ou de áreas, no entanto provavelmente mantendo o quinclorac como principal ferramenta de controle de capim-arroz nos anos de cultivo.

Os biótipos de capim-arroz resistentes ao herbicida quinclorac estão amplamente distribuídos no litoral do Rio Grande do Sul (Figura 10), onde as práticas de manejo mais marcantes incluem cultivos intensivos, baseados no controle químico de plantas daninhas, e ausência de rotação. Andres et al. (2007) relatam que o mais provável é que a resistência tenha se desenvolvido dentro do biótipo característico da região, uma vez que em algumas regiões foram encontradas amostras onde a resistência se encontra ainda em nível intermediário, ou campos próximos com presença e ausência de resistência em plantas com características semelhantes. Caso similar foi registrado em trabalho de mapeamento de *E. heterophylla* resistente aos inibidores de ALS (Vidal et al., 2004).

O surgimento de biótipos resistentes a herbicidas ocorre normalmente em áreas onde é prática freqüente o uso repetido e subseqüente do mesmo herbicida ou de diferentes herbicidas, mas com mesmo mecanismo de ação – alta intensidade de seleção (Saari et al., 1994). Esta situação é bem comum no Rio Grande do Sul, como previamente citado. Por outro lado, no estado de Santa Catarina, as áreas são menores e o manejo variado, associando herbicidas e práticas culturais no manejo das plantas daninhas. Provavelmente, por este fato não foram observados exemplares resistentes nas áreas amostradas. No entanto, Eberhardt & Noldin (2001) e Schaedler et al. (2008) relataram a ocorrência de biótipos de capim-arroz resistentes ao quinclorac em vários municípios do Estado de Santa Catarina.

Andres et al. (2007) relataram que muitos dos biótipos resistentes mostraram desenvolvimento inicial mais vigoroso que os suscetíveis de referência. No entanto, é conveniente salientar que nem sempre ambos provinham da mesma área. Adicionando-se a hipótese de desenvolvimento independente nas diferentes áreas produtoras, pode-se concluir que tais diferenças poderiam estar relacionadas ao vigor característico das

plantas da área de origem do biótipo, e não às possíveis conseqüências do mecanismo de resistência.

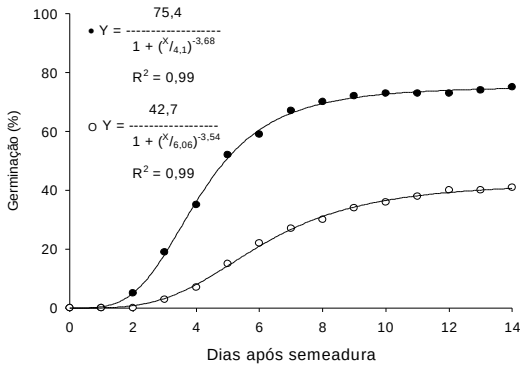

Figura 8. Curva de germinação para biótipos de capim-arroz em função de dias após semeadura. Média de 10% dos genótipos mais resistentes (●) e mais suscetíveis (o). Fonte: Andres et al. (2007).

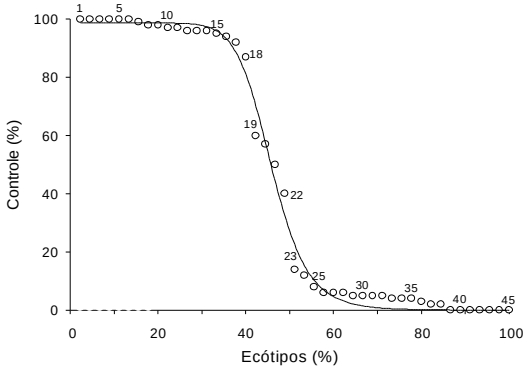

Figura 9. Controle dos biótipos de capim-arroz 35 DAE, com uso de 2x a dose recomendada de quinclorac. Áreas 1 a 18: Arroio Grande, Bagé, Camaquã, Capivari do Sul, Itaqui, Jaguarão, Mostardas, Rio Grande, Santa Vitória do Palmar, Uruguaiana (RS). Áreas 19 a 22: Camaquã, Dom Pedrito, São José do Norte, Viamão (RS). Áreas 23 a 45: Bagé, Itaqui, Mostardas, Pelotas, Santa Maria, São Gabriel (RS); Araranguá, Meleiro, Tubarão (SC).

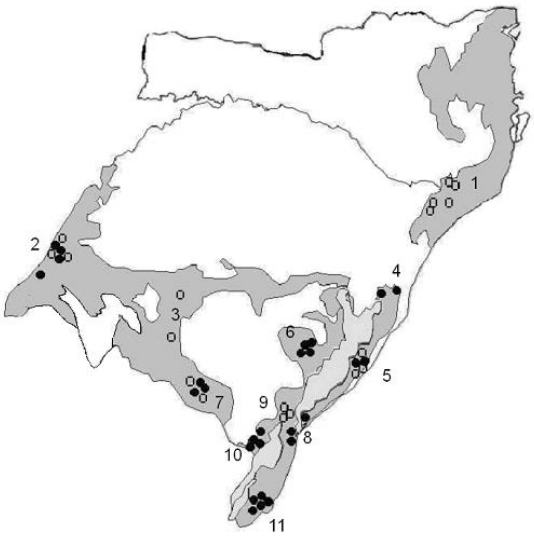

Figura 10. Distribuição geográfica dos biótipos amostrados de capim-arroz resistentes (●) e suscetíveis (○) ao herbicida quinclorac, nas regiões orizícolas (■) dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Regiões das seguintes cidades: (1) Araranguá/Meleiro/Tubarão; (2) Itaqui/Uruguaiana; (3) Santa Maria/São Gabriel; (4) Capivari do Sul/Viamão; (5) Mostardas; (6) Camaquã; (7) Bagé/Dom Pedrito; (8) Rio Grande/São José do Norte; (9) Pelotas; (10) Arroio Grande/Jaguarão; (11) Santa Vitória do Palmar.

OBJETIVOS

Objetivou-se com este trabalho caracterizar biótipos de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) resistentes e suscetíveis ao quinclorac e desenvolver método para detecção rápida da presença de resistência em biótipos desconhecidos.

COMPETITIVIDADE DE BIÓTIPOS DE CAPIM-ARROZ (*Echinochloa crusgalli*) RESISTENTE E SUSCETÍVEL AO QUINCLORAC

Competitiveness of *Echinochloa crusgalli* Biotypes Resistant and Susceptible to Quinclorac

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a competitividade de biótipos de capim-arroz, resistente e suscetível ao quinclorac, coletados em regiões orizícolas do estado de Santa Catarina. O experimento foi instalado em ambiente protegido e os tratamentos constaram de diferentes densidades de plantas dos biótipos de capim-arroz comprovadamente resistente (ECH-13) e suscetível (ECH-17) ao quinclorac. No centro da unidade experimental foram semeadas três sementes do biótipo de capim-arroz considerado como o tratamento da parcela. Na periferia foram semeadas dez sementes do biótipo oposto ao do tratamento (central). Dez dias após a emergência foi efetuado o desbaste, deixando apenas uma planta no centro da unidade experimental e o número de plantas do biótipo oposto de acordo com o tratamento (0, 1, 2, 3, 4 ou 5 plantas por vaso). O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6 com quatro repetições. Aos 40 dias após a emergência, foi avaliada a altura de plantas, número de afilhos e de folhas, área foliar, massa fresca e seca e conteúdo de água de colmos e folhas. Os dados foram analisados pelo teste F, sendo efetuado teste de Duncan para comparar o efeito de densidade de plantas, e teste da Diferença Mínima Significativa (DMS) para avaliar diferenças entre biótipo resistente e suscetível, além de correlação linear simples entre as variáveis avaliadas. Nas análises utilizou-se o nível de 5% de probabilidade. Os biótipos estudados de capim-arroz resistente e suscetível ao quinclorac são similares quando sob alta intensidade de competição, com vantagem em algumas variáveis para o biótipo suscetível sob baixa ou moderada intensidade competitiva.

Palavras-chave: Resistência a herbicidas; *Echinochloa*; arroz irrigado; competição.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the competitive potential of *Echinochloa crusgalli* biotypes, resistant and susceptible to quinclorac, collected in rice regions of Santa Catarina state. The trial was carried out under controlled environment, and the treatments consisted of plant densities of *Echinochloa* resistant (ECH-13) or susceptible (ECH-17 to quinclorac. At the center of the experimental unit, were planted three seeds of the biotype considered as the treatment. At the periphery, 10 seeds of the opposite biotype were planted. Ten days after emergence, the number of plants was standardized, being left only one plant at the center of the experimental unit, and a variable number of plants in the periphery (0, 1, 2, 3, 4 or 5 plants), according to the treatment. The experimental design was completely randomized in factorial scheme 2 x 6, with four replications. Forty days after emergence, it was evaluated plant height, number of tillers and leaves, leaf area, fresh and dry weight and water content. Data were analyzed by F-test, using the DMRT test for the effect of increasing density, and DMS test to compare biotypes. All analyses were run at 5% of significance level. A correlation matrix was built between the evaluated variables. The *Echinochloa crusgalli* biotypes studied, resistant and susceptible to quinclorac, are similar in behavior under high competition levels, being the susceptible superior to the resistant one in some of the variables studied, under low or moderate competition levels.

Keywords: Herbicide resistance; *Echinochloa*; flooded rice; competition.

INTRODUÇÃO

As plantas daninhas mais importantes na cultura do arroz são o arroz-daninho (*Oryza sativa*), de difícil controle por pertencer à mesma espécie do cultivado (Agostinetto et al., 2001; 2002), e o capim-arroz (*Echinochloa* sp.), cuja importância deve-se às semelhanças morfofisiológicas com as plantas de arroz cultivado, vasta distribuição em lavouras e altos níveis de infestação (Andres & Machado, 2004).

Devido ao uso contínuo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, quase sempre na ausência de rotação de culturas e de manejo integrado das plantas daninhas,

populações de capim-arroz desenvolveram resistência a vários herbicidas (Ruiz-Santella et al., 2003), algumas com resistência múltipla (López-Martinez et al., 1997). No Brasil, biótipos de capim-arroz resistentes ao quinclorac estão amplamente distribuídos nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde se concentra cerca de 60% da produção nacional de arroz (Gomes et al., 2002). Além disso, estudos preliminares indicam que os biótipos resistentes apresentam ampla variação morfofisiológica entre si, e que, provavelmente, a resistência se desenvolveu independentemente nas diferentes regiões produtoras de arroz (Andres et al., 2007).

O herbicida quinclorac está classificado como mimetizador de auxina, amplamente utilizado em vários países nas culturas de arroz, trigo, sorgo, canola e pastagens (Woznica et al., 2003). O seu uso no Brasil iniciou em 1990, sendo registrado para a cultura do arroz, visando o controle de *Echinochloa crusgalli, E. cruspavonis, E. colona, Aeschynomene denticulata* e *A. rudis* (Anvisa, 2007). É absorvido tanto pela parte aérea como pelas raízes, e também pelas sementes em processo de germinação, podendo apresentar efeito residual no solo de até 30 dias (Hart et al., 2004). Devido à flexibilidade quanto à dose, momento de aplicação e a alta seletividade à cultura, o quinclorac foi usado intensamente nas lavouras de arroz irrigado até 1999, quando surgiram os primeiros casos de populações de capim-arroz resistentes a este herbicida em Santa Catarina (Eberhardt et al., 2000) e no Rio Grande do Sul (Merotto Jr. et al., 2000).

Apesar da existência de muitos métodos de identificação da resistência (cultura de células ou tecidos, determinação da atividade enzimática), um dos mais precisos é o teste com aplicação do herbicida sobre planta inteira (Hernandes et al., 2005). Enquanto os primeiramente citados são mais adequados para determinar o mecanismo de resistência por meio do comportamento fisiológico do herbicida na planta, o segundo permite a caracterização quantitativa da resistência pela determinação de variáveis diretas, como altura de plantas, DL_{50}, fitomassa fresca e seca entre outros, que contribuem na determinação do desempenho e competitividade destas plantas em campo (Brighenti et al., 2001; Eberhardt & Noldin, 2002; Noldin et al., 2004; Concenço et al., 2007a).

Se o biótipo de capim-arroz resistente ao quinclorac for mais competitivo que o suscetível, provavelmente ocorreria incremento em sua freqüência na população,

mesmo na ausência do agente selecionador; por outro lado, se o biótipo resistente apresentar menor habilidade competitiva que o suscetível, provavelmente em algumas situações sua freqüência poderia ser reduzida, e o quinclorac poderia voltar a ser utilizado em sistema de rotação de mecanismos de ação, como forma de atrasar o surgimento de biótipos de capim-arroz resistentes aos inibidores da ALS. Biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) resistentes ao herbicida glyphosate apresentam menor habilidade competitiva que o suscetível, e tendem a desaparecer na ausência do agente selecionador, no caso o glyphosate (Ferreira et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a competitividade de biótipos de capim-arroz, resistente e suscetível ao quinclorac, coletados em regiões orizícolas do estado de Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado nas dependências da Universidade Federal de Viçosa/MG em ambiente protegido, mantido sob temperatura entre 22 e 27 ^{o}C e iluminação natural. As unidades experimentais constaram de vasos plásticos com área de 0,07 m^2, perfurados no fundo, contendo 10 L de Latossolo Vermelho-Amarelo, corrigido e adubado de acordo com a análise (CFSMG, 1999), com incorporação do calcário e adubo ao solo um mês antes da implantação do experimento. Os tratamentos constaram de plantas de dois biótipos de capim-arroz: um comprovadamente resistente (ECH-13) e um suscetível (ECH-17) ao quinclorac, oriundos do município de Itajaí/SC. No centro da unidade experimental foram semeadas três sementes do biótipo de capim-arroz considerado como o tratamento: resistente (R) ou suscetível (S). Na parte externa da unidade experimental, próximo à borda, foram semeadas dez sementes do biótipo oposto ao semeado no centro da unidade experimental.

Dez dias após a emergência foi efetuado o desbaste, deixando apenas uma planta no centro da unidade experimental, e um número variável de plantas do biótipo oposto (0, 1, 2, 3, 4 ou 5 plantas por vaso). A área do biótipo central da unidade experimental foi delimitada por cilindro com 5 cm de diâmetro e 2 cm de profundidade, aberto em ambas as extremidades, para facilitar a posterior identificação da planta central e de seus afilhos. O cilindro foi inserido no solo, com a borda superior rente à superfície, permitindo total desenvolvimento de raízes e da parte aérea da planta e plena

competição por água, luz e nutrientes com as plantas da periferia.

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2 x 6, com quatro repetições. As unidades experimentais foram mantidas eqüidistantes, de forma que a área de superfície disponível para o desenvolvimento das plantas correspondesse à área da unidade experimental.

Aos 40 dias após a emergência, as plantas tiveram sua altura medida com auxílio de régua graduada, sendo avaliada a distância entre o solo e a extremidade da folha mais longa, com o limbo distendido. Após, foi efetuada a contagem do número de afilhos e de folhas por planta, sendo que duas folhas foram cortadas em seções de 10 cm e fotografadas em escala padronizada, secas separadamente das demais para a determinação da área foliar específica com o uso do software ImagePro Plus 5.1. Em seguida, as plantas foram cortadas rente ao solo, armazenadas em pacotes plásticos que foram vedados adequadamente e acondicionados em caixa de poliestireno expandido (Isopor®) contendo gelo, sendo imediatamente transportadas até o laboratório para determinação da massa fresca da parte aérea das plantas, sendo após transferidas para sacos de papel e colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 70 ^{o}C até massa constante, quando então se obteve a massa seca das plantas, que foi usada somente para o cálculo do conteúdo de água através da fórmula (100*(MF – MS)/ MF), sendo MF = massa fresca e MS = massa seca de plantas.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, sendo efetuado teste de Duncan para comparar efeito da densidade de plantas, e teste da Diferença Mínima Significativa (DMS) para comparar os biótipos resistente e suscetível. Além disso, realizou-se análise de correlação linear de Pearson entre as variáveis avaliadas. Em todas as análises, adotou-se o nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas no programa estatístico Winstat 2.1 (Machado et al., 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura das plantas aumentou de acordo com o incremento no número de plantas na unidade experimental. Quando plantas isoladas dos biótipos no centro da parcela competiam com comunidade do biótipo oposto, a testemunha do biótipo resistente somente diferiu no tratamento 1(5), sendo que competindo com até 4 plantas

do biótipo oposto, os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 1). O biótipo suscetível, por outro lado, exibiu plantas mais altas a partir do tratamento 1(1), ou seja, uma planta do biótipo suscetível competindo contra uma do resistente. Além disso, a diferença observada entre biótipo resistente e suscetível nos tratamentos 1(2) e 1(3) indica que o biótipo suscetível reagiu primeiro à competição por luz, aumentando a altura das plantas (Tabela 1). Quando se considerou as plantas externas competindo entre si e com apenas uma planta do biótipo oposto, o biótipo resistente não mostrou diferenças entre tratamentos. Por outro lado, o biótipo suscetível teve plantas mais altas nos tratamentos 4(1) e 5(1), ou seja, 4 ou 5 plantas do biótipo suscetível competindo entre si, e contra uma planta do biótipo resistente. Conforme Perry & Galatowitsch (2004), o aumento na densidade de plantas implica em competição por luz, ocorrendo maior alongamento do colmo em plantas de *Phalaris arundicacea*, *Cyperus* sp., e *Echinochloa* sp. Em estudo de competição entre capim-arroz e arroz cultivado, foi observado que as plantas se tornavam mais altas em função do incremento na densidade de plantas (Kleinig & Noble, 1968).

O número de afilhos por planta foi menor no tratamento 1(5) para o biótipo resistente, ou seja, quando uma planta isolada deste biótipo competia com comunidade do biótipo oposto (Tabela 2). Provavelmente isto se deve ao fato das plantas do biótipo suscetível terem maior crescimento, portanto com maior capacidade de competição que o biótipo resistente. O mesmo comportamento foi observado para o biótipo suscetível no tratamento 5(1), ou seja, quando cinco plantas do biótipo suscetível competiam entre si e contra uma planta do biótipo oposto. Da mesma forma, o biótipo suscetível teve maior número de afilhos por planta, devido à competição intraespecífica quando em comunidade e competindo com apenas uma planta do biótipo oposto. Somente foi observada diferença entre biótipos quando em baixa densidade e igualdade de competição (tratamento 1(1)), sendo que o biótipo suscetível foi capaz de emitir em torno de 6 afilhos a mais por planta que o resistente.

O aumento na densidade de plantas de capim-arroz provoca a redução no afilhamento devido à luz (Zhang & Watson, 1997). As plantas possuem necessidades de luz específicas, predominantemente nas faixas do vermelho e azul. Se a planta não recebe estes comprimentos de luz de forma satisfatória, necessitará se adaptar para sobreviver. Quando as plantas se encontram sob competição por luz, também se torna

importante o balanço na faixa do vermelho e vermelho-distante, que é afetada pelo sombreamento, influenciando a eficiência fotossintética e o favorecimento do afilho principal em detrimento dos secundários (Concenço et al., 2007b).

O número de folhas por planta não foi influenciado pela densidade de plantas ou por biótipos, quando se considerou plantas isoladas competindo com comunidade do biótipo oposto (Tabela 3). No entanto, quando se consideraram plantas em comunidade, o número de folhas por planta do biótipo suscetível foi menor no tratamento 5(1), indicando ocupação excessiva da área e imposição de competição severa, ao contrário do observado para comunidade do biótipo resistente, que não foi alterado. Quando em comunidade (plantas externas), os biótipos resistente e suscetível diferiram nos tratamentos 1(1), 2(1) e 3(1), com vantagem para o biótipo suscetível que foi capaz de emitir em torno de 28 folhas por planta a mais que o resistente sob baixa competição entre plantas do mesmo biótipo (Tabela 3).

O acúmulo de massa fresca de planta foi menor com o aumento na competição tanto para o biótipo resistente como para o suscetível, isolados ou em comunidade (Tabela 4). Para ambos, ocorreu redução significativa no acúmulo de massa quando uma planta isolada de cada biótipo competia contra duas ou mais plantas do biótipo oposto. O biótipo resistente se mostrou menos competitivo que o suscetível quando sob baixa intensidade de competição (tratamentos 1(1) e 1(2)), sendo similares quando o número de plantas por parcela aumentou. Quando consideradas as comunidades – plantas externas, o biótipo resistente foi inferior ao suscetível nas menores intensidades de competição, mas foi estratificado em apenas dois níveis em função do aumento do número de plantas na parcela, enquanto o biótipo suscetível foi estratificado em três (Tabela 4).

O conteúdo de água, intimamente relacionado à massa fresca e seca de plantas, não foi alterado em função do aumento na competição nos biótipos resistente e suscetível, tanto em plantas isoladas, como em comunidade (Tabela 5). A única diferença observada foi entre biótipos nas situações “centro 1(0)” e “externas 1(1)”, ou seja, quando isoladas no centro da parcela ou competindo com uma planta do biótipo oposto.

A área foliar foi menor tanto para o biótipo resistente como para o suscetível, quando isolado no centro da parcela e competindo com duas ou mais plantas do biótipo

oposto (Tabela 6). Quando em comunidade, a área foliar do biótipo resistente não foi afetada, enquanto o suscetível mostrou menores valores de área foliar na maior densidade (tratamento 5(1)). Não foram observadas diferenças entre os biótipos em nenhum dos tratamentos. A área foliar está diretamente relacionada à capacidade fotossintética, e sua redução ocasiona menor taxa de crescimento absoluto da planta (Wang et al., 2005).

A tabela de correlação de Pearson (Tabela 7) indica correlação negativa entre altura de plantas e número de afilhos por planta e também com massa fresca de parte aérea. Logo, as plantas foram mais altas quanto maior a competição, porém com menor número de afilhos e menor massa fresca de plantas. Provavelmente, este fato está ligado à ocorrência de estiolamento na competição por luz, onde a planta tende a incrementar o alongamento do colmo para captar maior quantidade de luz e fotossintetizar adequadamente. Este fato é particularmente importante quando se considera que o capim-arroz (*Echinochloa* sp.) é planta com metabolismo C_4, necessitando alta intensidade de luz devido, principalmente, ao custo da fixação das moléculas de CO_2 (Perry & Galatowitsch, 2004).

O número de afilhos por planta se correlacionou positivamente com o número de folhas, massa fresca de parte aérea e área foliar, ou seja, plantas com mais afilhos também apresentaram maior número de folhas, maior massa fresca da parte aérea e maior área foliar (Tabela 7). Normalmente o que se observa para gramíneas, é que o número de folhas por afilho é aproximadamente constante, ocasionando a relação direta entre as três variáveis citadas (Wang et al., 2005).

O número de folhas por planta se correlacionou somente com a área foliar, não tendo relação linear com a massa fresca de folhas (Tabela 7). Normalmente o que mais atua na relação entre massa e área foliar, é a espessura da folha. A espessura pode ser alterada por fatores como temperatura, intensidade de luz, balanço de nutrientes no solo e aplicação de agroquímicos (Wang et al., 2005), podendo ainda ser dependente do biótipo. Como a correlação massa e área foliar não foi significativa, pode-se inferir que alguma variação quanto à espessura das folhas possa ter ocorrido, em função do aumento na intensidade de competição (Tabela 7).

Os biótipos de capim-arroz resistente e suscetível ao quinclorac estudados apresentam habilidade competitiva similar quando sob alta intensidade de competição.

No entanto, sob baixa a moderada competição, o biótipo suscetível foi superior ao resistente em algumas das variáveis avaliadas, o que poderia determinar sua predominância em certas condições. Deve-se lembrar que o capim-arroz normalmente ocorre em altas densidades, com emergência potencial de até 2.500 plântulas por metro quadrado em área com histórico de monocultivo (Melo et al., 2004), e que este fator poderia contribuir para a manutenção do biótipo resistente na população. As diferenças observadas quanto à habilidade competitiva entre biótipos de capim-arroz resistente e suscetível, podem ainda estar ligadas às condições ambientais onde o experimento foi conduzido e também às regiões de origem dos biótipos.

Os biótipos estudados de capim-arroz resistente e suscetível ao quinclorac são similares quando sob alta intensidade de competição, com vantagem para o biótipo suscetível em algumas variáveis sob baixa ou moderada intensidades competitivas. No entanto, como determinado por Andres et al. (2007), a resistência do capim-arroz ao herbicida quinclorac se desenvolveu independentemente nas regiões orizícolas, dentro do biótipo característico da região. Logo, será necessária a condução de estudos semelhantes em biótipos provindos de outros locais para confirmar se os biótipos de capim-arroz resistente e suscetível ao quinclorac diferem quanto à competitividade.

LITERATURA CITADA

AGOSTINETTO, D. et al. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, v.31, p.341-349, 2001.

AGOSTINETTO, D. et al. Supressão da produção de sementes de arroz-vermelho pela aplicação de herbicidas em arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 57-65, 2002.

ANDRES, A.; MACHADO, S. L. O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES Jr.; A. M. (Eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 457-546.

ANDRES, A. et al. Detecção da resistência de capim-arroz (*Echinochloa* sp.) ao herbicida quinclorac em regiões orizícolas do sul do Brasil. **Planta Daninha**, v. 25, p. 221-226, 2007.

ANVISA. **Relatório do Agrotóxico – Facet DF**. Disponível em http://www4.anvisa.gov.br. Acesso em 09/05/2007.

BRIGHENTI, A. M. et al. Análise de crescimento de biótipos de amendoin-bravo (*Euphorbia heterophylla*) resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v. 19, p. 51-59, 2001.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa: CFSMG, 1999. 359 p.

CONCENÇO, G. et al. Aspectos da resistência de *Sagittaria montevidensis* ao herbicida pirazosulfuron-ethyl inibidor da ALS. **Planta Daninha**, v. 25, p. 187-194, 2007a.

CONCENÇO, G. et al. Fotossíntese de biótipos de azevém sob condição de competição. **Planta Daninha**, 2007b, NO PRELO.

EBERHARDT, D. S. et al. Resistência de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) ao herbicida quinclorac. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos.** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 512.

EBERHARDT, D. S.; NOLDIN, J. A. Competitividade de sagitária em diferentes densidades de semeadura de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 207.

FERREIRA, E. A. et al. Potencial competitivo de biótipos de azevém resistente e suscetível ao glyphosate. **Planta Daninha**, NO PRELO, 2007.

GOMES, A. S.; TERRES, A. L.; AZAMBUJA, I. H. V. O arroz irrigado no Rio grande do Sul: produtividade e perfil do produtor. In: AZAMBUJA, I. V., et al. (Eds.). **Série Culturas - Arroz.** Porto Alegre: Comissão de Agricultura, pecuária e cooperativismo da Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. 2002. p.23-34.

HART, S. E.; LYCAN D. W.; MURPHY, J. A. Use of quinclorac for large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) control in newly summer-seeded creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). **Weed Technology**, v. 18, p. 375-379, 2004.

HERNANDES, G. C.; VIDAL, R. A.; WINKLER, L. M. Levantamento de práticas agronômicas e

distribuição geográfica de *Bidens* spp. resistentes aos herbicidas inibidores de ALS nos estados do rio grande do sul e do paraná. **Planta Daninha,** v. 23, p. 677-682, 2005.

KLEINIG, C. R.; NOBLE, J. C. Competition between rice and barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*). 1. The influence of weed density and nutrient supply in the field. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 8, p. 358-363, 1968.

LÓPEZ-MARTINEZ, N.; MARSHALL, G.; DePRADO, R. Resistance of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to atrazine and quinclorac. **Pesticide Science**, v. 51, p. 171-175, 1997.

MACHADO, A. A. et al. **Sistema de análises estatísticas para windows – WINSTAT** (Versão 2.11). Pelotas: Núcleo de informação aplicada – Universidade Federal de Pelotas, 2002.

MELO, P. T. B. S. et al. Fluxo de emergência de plantas daninhas em áreas de cultivo de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** Londrina : SBCPD, 2004. CD-ROM.

MEROTTO Jr., A. et al. Resistência de *Echinochloa* sp à quinclorac. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina : SBCPD, 2000. p. 513.

NOLDIN, J. A. et al. Freqüência de plantas de *Sagittaria montevidensis* resistentes ao herbicida Only. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais**... SBCPD: Londrina, 2004. CD-ROM.

PERRY, L. G.; GALATOWITSCH, S. M. The influence of light availability on competition between *Phalaris arundinacea* and a native wetland sedge. **Plant Ecology**, v. 170, p. 73-81, 2004.

RUIZ-SANTELLA, J. P.; FISCHER, A. J.; DePRADO, R. Alternative control of two biotypes of *Echinochloa phyllopogon* susceptible and resistant to fenoxaprop-ethyl. **Community and Agricultural Applied Biology Science**, v. 68, p. 403-407, 2003.

WANG, L.; SHOWALTER, A. M.; UNGAR, I. A. Effects of intraspecific competition on growth and photosynthesis of *Atriplex prostrata*. **Aquatic Botany**, v. 83, p. 187-192, 2005.

WOZNICA, Z. et al. Quinclorac efficacy as affected by adjuvants and spray carrier water. **Weed Technology**, v. 17, p. 582-588, 2003.

ZHANG, W.; WATSON, A. K. Efficacy of *Exserohilum monoceras* for the control of *Echinochloa* species in rice (*Oryza sativa* L.). **Weed Science**, v. 45, p. 144-150, 1997.

Tabela 1. Altura de plantas de capim-arroz em função de biótipo e densidade de plantas

Posição e Número de Plantas	**Biótipos de capim-arroz**		
	Resistente (R)	**Suscetível (S)**	**Diferença (R-S)[1]**
Centro[3]		Altura (cm)	
1 (0)	93,8 b	94,5 b	- 0,7 ns
1 (1)	108,0 ab	120,3 a	- 12,3 ns
1 (2)	102,5 ab	124,5 a	- 22,0 *
1 (3)	101,8 ab	121,0 a	- 19,2 *
1 (4)	104,8 ab	117,5 a	- 12,7 ns
1 (5)	117,5 a	123,0 a	- 5,5 ns
Externas[4]			
0 (1)	- -	- -	- -
1 (1)	113,0 a	108,3 b	+ 4,7 ns
2 (1)	115,0 a	116,3 ab	- 1,3 ns
3 (1)	114,7 a	119,5 ab	- 4,8 ns
4 (1)	118,3 a	131,8 a	- 13,5 ns
5 (1)	124,8 a	133,0 a	- 8,2 ns
CV (%)		26,4	

[1] ns – não significativo; * significativo ao nível de 5%, respectivamente; [2] Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna e dentro de cada posição (centro ou externas) não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade; [3] Número de plantas do biótipo indicado no centro da parcela, competindo com o número de plantas entre parênteses do biótipo oposto; [4] Número de plantas do biótipo indicado, competindo entre si e com a planta do biótipo oposto (1) no centro da parcela.

Tabela 2. Numero de afilhos por planta de capim-arroz em função de biótipo e densidade de plantas

Posição e Número de Plantas	**Biótipo de capim-arroz**		
	Resistente (R)	**Suscetível (S)**	**Diferença (R-S)[1]**
Centro[3]		Afilhos planta^{-1}	
1 (0)	10,25 a	10,75 a	- 0,50 ns
1 (1)	10,75 a	13,25 a	- 2,50 ns
1 (2)	10,25 a	12,50 a	- 2,25 ns
1 (3)	10,50 a	12,00 a	- 1,50 ns
1 (4)	6,00 ab	11,00 a	- 5,0 ns
1 (5)	4,25 b	8,75 a	- 4,5 ns
Externas[4]			
0 (1)	- -	- -	- -
1 (1)	10,25 a	16,25 a	- 6,0 *
2 (1)	11,50 a	16,50 a	- 5,0 ns
3 (1)	10,25 a	13,25 ab	- 3,0 ns
4 (1)	8,50 a	11,75 ab	- 3,25 ns
5 (1)	9,75 a	9,75 b	0,00 ns
CV (%)		17,8	

[1] ns – não significativo; * significativo ao nível de 5%, respectivamente; [2] Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna e dentro de cada posição (centro ou externas) não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade; [3] Número de plantas do biótipo indicado no centro da parcela, competindo com o número de plantas entre parênteses do biótipo oposto; [4] Número de plantas do biótipo indicado, competindo entre si e com a planta do biótipo oposto (1) no centro da parcela.

Tabela 3. Número de folhas por planta de capim-arroz em função de biótipo e densidade de plantas

Posição e Número de Plantas	**Biótipo de capim-arroz**		
	Resistente (R)	**Suscetível (S)**	**Diferença (R-S)[1]**
Centro[3]	Folhas planta^{-1}		
1 (0)	39,5 a	37,5 a	- 2,0 ns
1 (1)	40,3 a	46,5 a	- 6,2 ns
1 (2)	31,0 a	51,5 a	- 20,5 ns
1 (3)	40,8 a	59,3 a	- 18,5 ns
1 (4)	37,5 a	41,3 a	- 3,8 ns
1 (5)	31,8 a	43,5 a	- 11,7 ns
Externas[4]			
0 (1)	- -	- -	- -
1 (1)	46,5 a	75,5 a	- 29,0 **
2 (1)	43,5 a	73,3 a	- 29,8 **
3 (1)	38,5 a	66,3 a	- 27,8 *
4 (1)	37,3 a	58,0 a	- 20,7 ns
5 (1)	44,0 a	34,3 b	- 9,7 ns
CV (%)	19,4		

[1] ns – não significativo; *, ** significativo ao nível de 5 e 1 %, respectivamente; [2] Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna e dentro de cada posição (centro ou externas) não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade; [3] Número de plantas do biótipo indicado no centro da parcela, competindo com o número de plantas entre parênteses do biótipo oposto; [4] Número de plantas do biótipo indicado, competindo entre si e com a planta do biótipo oposto (1) no centro da parcela.

Tabela 4. Massa fresca de parte aérea de plantas de capim-arroz em função de biótipo e densidade de plantas

Posição e Número de Plantas	**Biótipo de capim-arroz**		
	Resistente (R)	**Suscetível (S)**	**Diferença (R-S)[1]**
Centro[3]	Massa Fresca (g planta^{-1})		
1 (0)	148,8 a	165,8 a	- 17,0 ns
1 (1)	132,5 a	178,8 a	- 46,3 *
1 (2)	43,8 b	109,6 b	- 65,8 **
1 (3)	50,7 b	76,7 bc	- 26,0 ns
1 (4)	38,2 b	37,2 c	- 1,0 ns
1 (5)	19,1 b	37,2 c	- 18,1 ns
Externas[4]			
0 (1)	- -	- -	- -
1 (1)	173,8 a	247,0 a	- 73,2 **
2 (1)	149,2 ab	197,5 b	- 48,3 *
3 (1)	123,3 ab	184,1 b	- 60,8 **
4 (1)	122,8 ab	157,0 bc	- 34,2 ns
5 (1)	104,4 b	116,3 c	- 11,9 ns
CV (%)	25,3		

[1] ns – não significativo; *, ** significativo ao nível de 5 e 1 %, respectivamente; [2] Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna e dentro de cada posição (centro ou externas) não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade; [3] Número de plantas do biótipo indicado no centro da parcela, competindo com o número de plantas entre parênteses do biótipo oposto; [4] Número de plantas do biótipo indicado, competindo entre si e com a planta do biótipo oposto (1) no centro da parcela.

Tabela 5. Conteúdo de água em parte aérea de plantas de capim-arroz em função de biótipo e densidade de plantas

Posição e Número de Plantas	**Biótipo de capim-arroz**		
	Resistente (R)	**Suscetível (S)**	**Diferença (R-S)[1]**
Centro[3]	Conteúdo de Água (%)		
1 (0)	86,63 a	91,77 a	- 5,14 *
1 (1)	86,61 a	87,19 a	- 0,58 na
1 (2)	85,98 a	90,03 a	- 4,05 na
1 (3)	85,43 a	89,74 a	- 4,31 ns
1 (4)	84,38 a	87,74 a	- 3,36 ns
1 (5)	85,56 a	88,55 a	- 2,99 ns
Externas[4]			
0 (1)	- -	- -	- -
1 (1)	86,21 a	91,11 a	- 4,90 *
2 (1)	89,88 a	91,08 a	- 1,20 ns
3 (1)	90,05 a	91,75 a	- 1,70 ns
4 (1)	87,91 a	90,53 a	- 2,62 ns
5 (1)	88,72 a	87,25 a	+ 1,47 ns
CV (%)	8,0		

[1] ns – não significativo; * significativo ao nível de 5%, respectivamente; [2] Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna e dentro de cada posição (centro ou externas) não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade; [3] Número de plantas do biótipo indicado no centro da parcela, competindo com o número de plantas entre parênteses do biótipo oposto; [4] Número de plantas do biótipo indicado, competindo entre si e com a planta do biótipo oposto (1) no centro da parcela.

Tabela 6. Área foliar de plantas de capim-arroz em função de biótipo e densidade de plantas

Posição e Número de Plantas	**Biótipo de capim-arroz**		
	Resistente (R)	**Suscetível (S)**	**Diferença (R-S)[1]**
Centro[3]	Área Foliar (m^2 $planta^{-1}$)		
1 (0)	0,410 a	0,322 ab	+ 0,088 ns
1 (1)	0,414 a	0,507 a	- 0,093 ns
1 (2)	0,153 b	0,113 b	- 0,040 ns
1 (3)	0,169 b	0,116 b	+ 0,053 ns
1 (4)	0,101 b	0,092 b	+ 0,009 ns
1 (5)	0,161 b	0,093 b	+ 0,068 ns
Externas[4]			
0 (1)	- -	- -	- -
1 (1)	0,402 a	0,388 a	+ 0,014 ns
2 (1)	0,360 a	0,366 ab	- 0,006 ns
3 (1)	0,260 a	0,248 ab	+ 0,012 ns
4 (1)	0,250 a	0,269 ab	- 0,019 ns
5 (1)	0,261 a	0,234 b	+ 0,027 ns
CV (%)	22,6		

[1] ns – não significativo; [2] Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna e dentro de cada posição (centro ou externas) não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade; [3] Número de plantas do biótipo indicado no centro da parcela, competindo com o número de plantas entre parênteses do biótipo oposto; [4] Número de plantas do biótipo indicado, competindo entre si e com a planta do biótipo oposto (1) no centro da parcela.

Tabela 7. Matriz de correlação linear de Pearson entre as variáveis avaliadas

Variáveis	**Correlação**	**Variáveis**	**Correlação**
ALT x AFILH	- 0,85 **	**AFILH x AF**	+ 0,67 *
ALT x FOLHAS	- 0,44 ns	**FOLHAS x MFPA**	+ 0,52 ns
ALT x MFPA	- 0,85 **	**FOLHAS x CAPA**	+ 0,57 ns
ALT x CAPA	+ 0,47 ns	**FOLHAS xAF**	+ 0,65 *
ALT x AF	- 0,24 ns	**MFPA x CAPA**	+ 0,45 ns
AFILH x FOLHAS	+ 0,68 *	**MFPA x AF**	+ 0,83 **
AFILH x MFPA	+ 0,65 *	**CAPA x AF**	+ 0,32 ns
AFILH x CAPA	+ 0,58 ns		

ALT = altura de plantas; AFILH = número de afilhos por planta; FOLHAS = número de folhas por planta; MFPA = massa fresca de parte aérea; CAPA = conteúdo de água da parte aérea; AF = área foliar por planta.

ns correlação não significativa;

* correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade pela matriz de Pearson;

** correlação significativa ao nível de 1% de probabilidade pela matriz de Pearson.

USO DA ÁGUA POR PLANTAS DE ARROZ EM COMPETIÇÃO COM BIÓTIPOS DE *Echinochloa crusgalli* RESISTENTE E SUSCETÍVEL A HERBICIDA

Water Use by Rice Plants Under Competition with *Echinochloa crusgalli* Biotypes Resistant and Susceptible to Herbicide

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar as características associadas à eficiência de uso da água por plantas de arroz irrigado, quando sob competição com biótipos de capim-arroz resistente ou suscetível ao herbicida quinclorac, em diferentes densidades. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizados e esquema fatorial 2 x 6 (dois biótipos e seis densidade de infestação), com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em manter uma planta de arroz no centro da unidade experimental, competindo com 0, 1, 2, 3, 4 ou 5 plantas do biótipo resistente ou suscetível na periferia. Aos 50 DAE (dias após a emergência) foram avaliadas as condutâncias estomáticas de vapores de água, pressão de vapor na câmara sub-estomática, temperatura da folha, e taxa transpiratória, sendo calculada ainda a eficiência do uso da água pela relação entre quantidade de CO_2 fixado pela fotossíntese e quantidade de água transpirada. As plantas foram coletadas rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa (70 ^{0}C) com circulação forçada de ar até massa constante para obtenção da massa seca de planta. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e em caso de significância aplicou-se o teste de Duncan para avaliar o efeito da densidade de plantas, e teste da Diferença Mínima Significativa (DMS) para diferenças entre as influências dos biótipos resistente e suscetível sobre as plantas de arroz. Quanto à eficiência do uso da água, as plantas de arroz são afetadas de forma similar por ambos os biótipos avaliados.

Palavras-chave: capim-arroz; resistência; quinclorac; arroz irrigado.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the characteristics related to the water use efficiency of rice plants, under competition with different densities of *Echinochloa crusgalli* plants. The trial was installed under greenhouse conditions, in completely randomized blocks design, and factorial scheme 2 x 6 (two biotypes and six infestation densities), with four replications. The treatments consisted of one rice plant at the center of the plot, under competition with 0, 1, 2, 3, 4 or 5 plants of *Echinochloa crusgalli*, resistant or susceptible to quinclorac, at the pheriphery of the plot. Fifty days after emergence the stomatal conductance of water vapor, sub-stomatal water pressure, leaf temperature and transpiration rate were evaluated, being estimated yet the water use efficiency, by the relation between the CO_2 accumulated by photosynthesis, and the water lost by transpiration at the same period. The plants were cut at the soil level and put into paper bags and dried at 70 ^{o}C until dry mass stabilization. Data were analyzed by F-test and, in case of significance, submitted to DMRT test in order to evaluate the effect of increasing competition with *Echinochloa* plants over rice plants, and to DMS test in order to compare the rice plants submitted to the biotypes in each competition level. In relation to the water use efficiency, rice plants are affected by both *Echinochloa* biotypes at the same level.

Keywords: barnyardgrass; resistance; quinclorac; irrigated rice.

INTRODUÇÃO

O capim-arroz é uma das mais importantes espécies daninhas da agricultura mundial, sendo relatada como planta competidora em mais de 36 culturas em 61 países (Norris et al., 2001). O controle dessa espécie nas lavouras de arroz irrigado tornou-se prática obrigatória, sendo realizado principalmente pelo método químico, utilizando herbicidas em pré ou pós-emergência seletivos a cultura (Lopez-Martinez et al., 1999), devido a praticidade e alta eficiência dos mesmos. No Brasil o capim-arroz (*Echinochloa* spp.) aparece na grande maioria das lavouras do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, destacando-se como uma das principais espécies daninhas da cultura do

arroz (Ramírez et al., 2001). Os efeitos negativos de sua presença para a cultura incluem a alta capacidade de competição com as plantas de arroz por recursos limitantes, dificuldade de controle, aumento do custo de produção, acamamento das plantas da cultura, dificuldade de colheita, depreciação da qualidade do produto, hospedagem de pragas e redução do valor comercial das áreas cultivadas (Kissmann & Groth, 1997; López-Martinez et al., 1999).

A principal forma de interferência que se estabelece entre capim-arroz e arroz irrigado é a competição pelos recursos luz e nutrientes, constituindo-se em um dos principais fatores limitantes da produtividade nas lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Andres & Machado, 2004; Sosbai, 2005).

A competição de plantas daninhas pode afetar quantitativa e qualitativamente a produção, pois modifica a eficiência de aproveitamento dos recursos do ambiente, como água, luz e nutrientes (Sinclair et al., 1975; Melo et al., 2006), se estabelecendo entre a cultura e as plantas de outras espécies existentes no local. Essa competição ocorre também entre indivíduos de uma mesma espécie ou entre biótipos predominantes na área, conforme constatado por Ferreira et al. (2008), verificando que biótipos de azevém resistentes ao glyphosate possuem menor capacidade competitiva do que os suscetíveis.

A eficiência do uso da água é caracterizada como a quantidade de água evapotranspirada por uma cultura para a produção de certa quantidade de matéria seca (Silva et al., 2007). Sendo assim, culturas mais eficientes no uso da água produzem mais matéria seca por grama de água transpirada. O uso mais eficiente da água está diretamente relacionado ao tempo de abertura estomática, pois enquanto a planta absorve CO_2 para a fotossíntese, a água é perdida por transpiração, com intensidade variável dependendo do gradiente de potencial entre superfície foliar e a atmosfera, seguindo uma corrente de potenciais hídricos (Pereira-Netto et al., 2002).

Uma das opções para melhorar a utilização do recurso água, pode ser a escolha de cultivares mais eficientes quanto ao uso da água para a produção da parte econômica, e em especial o arroz irrigado (Baptista et al., 2001), classificado como muito exigente quanto à água durante o ciclo (Noldin et al., 2001).

Quando plantas estão submetidas à alta competição, as características fisiológicas do crescimento e desenvolvimento normalmente são alteradas, o que resulta em diferenças no aproveitamento dos recursos do ambiente, principalmente no uso da

água, que influencia de modo direto a disponibilidade de CO_2 no mesofilo foliar e a temperatura da folha, consequentemente a eficiência fotossintética da planta (Taiz & Zeiger, 2004).

Objetivou-se com este trabalho avaliar as características associadas à eficiência de uso da água por plantas de arroz irrigado, quando sob competição com biótipos de capim-arroz resistente ou suscetível ao herbicida quinclorac, em diferentes densidades.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação com irrigação por aspersão, em delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 6, com quatro repetições. As unidades experimentais constaram de vasos de 13 L de substrato - mistura pré-elaborada de solo (Latossolo Vermelho-Amarelo) e terra vegetal, corrigido e adubado de acordo com análise de solo. Os tratamentos constaram de uma planta de arroz da variedade BRS-Pelota, que competia com número variável de plantas dos biótipos de capim-arroz resistente ou suscetível ao herbicida quinclorac. No centro da unidade experimental, foram semeadas três sementes de arroz, enquanto na periferia da unidade experimental foram semeadas dez sementes do biótipo resistente ou suscetível ao herbicida quinclorac, de acordo com os tratamentos propostos.

As plântulas foram desbastadas aos 10 dias após a emergência (DAE). Os tratamentos consistiram em manter uma planta de arroz no centro da unidade experimental, variando na periferia as densidades de plantas de capim-arroz em 0, 1, 2, 3, 4 ou 5 plantas do biótipo resistente ou suscetível, de acordo com o tratamento. A área de semeadura da planta de arroz foi delimitada por um círculo de 5 cm de diâmetro por 2 cm de profundidade, que possibilitou a identificação da planta adulta, juntamente com seus respectivos perfilhos, sem interferir na competição da planta central com as demais da periferia, tanto na parte aérea, como no sistema de raízes.

As unidades experimentais foram mantidas eqüidistantes, de forma que a área de superfície disponível para o desenvolvimento das plantas correspondesse à área da unidade experimental. Aos 50 DAE foram realizadas as avaliações, no terço médio da primeira folha completamente expandida do perfilho principal das plantas de arroz. Foi utilizado um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA 4 (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK) em casa de vegetação aberta,

permitindo livre circulação do ar. Também se coletou a parte aérea das plantas e após o material foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 70 ^{o}C até massa constante, e pesadas em balança analítica, onde obteve-se a variável massa seca da parte aérea (MSPA). Cada bloco foi avaliado em um dia, entre 8 e 10 horas da manhã, de forma a manter as condições ambientais homogêneas durante a avaliação.

As variáveis avaliadas foram condutância estomática de vapores de água (Gs – mol m^{-1} s^{-1}), pressão de vapor na câmara sub-estomática (E_{an} – mBar), temperatura da folha (^{o}C), e taxa de transpiração (E – mol H_2O m^{-2} s^{-1}), sendo calculada ainda a eficiência do uso da água (WUE – mol CO_2 mol H_2O^{-1}) pela relação entre quantidade de CO_2 fixado pela fotossíntese e quantidade de água transpirada.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e em caso de significância efetuou-se o teste de Duncan para avaliar o efeito do aumento na densidade de plantas, e teste da Diferença Mínima Significativa (DMS) para avaliar diferenças entre as influências dos biótipos resistente e suscetível sobre as plantas de arroz, em cada tratamento (Pimentel-Gomes, 1987). Todos os dados foram analisados ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de MSPA nas plantas de arroz, variedade BRS-Pelota, decresceu em função do aumento na intensidade de competição com plantas de capim-arroz, para ambos os biótipos estudados (Tabela 1). Quando a planta de arroz no centro da unidade experimental competiu com uma planta de capim-arroz, não foram observadas diferenças na MSPA em relação à testemunha livre de competição. Por outro lado, quando a planta de arroz competiu com duas a cinco plantas de capim-arroz, o acúmulo de MSPA foi similar entre estes tratamentos e inferior à testemunha. Quando a competção ocorreu com uma planta de capim-arroz do biótipo suscetível, também não foram observadas diferenças no acúmulo de MSPA nas plantas de arroz. Todavia, a competição com duas a quatro plantas de capim-arroz resultou em menor acúmulo de MSPA das plantas de arroz em relação à testemunha, e superior à planta de arroz competindo com cinco plantas de capim-arroz.

Plantas de arroz que competiram com plantas de capim-arroz do biótipo resistente possibilitaram a estratificação em dois níveis quanto ao acúmulo de MSPA,

enquanto o biótipo suscetível ao herbicida quinclorac permitiu a disposição em três níveis. Não foram observadas diferenças quanto ao acúmulo de MSPA em plantas de arroz, em função da competição com o biótipo resistente ou com o suscetível de capim-arroz, no mesmo nível de competição. Logo, pode-se inferir que o efeito negativo de plantas de capim-arroz dos biótipos sobre as plantas de arroz é similar.

A condutância estomática (Gs) de vapores de água das plantas de arroz não foi alterada em função do aumento no número de plantas de capim-arroz competindo com a cultura, tanto do biótipo resistente como do suscetível ao quinclorac (Tabela 2). A condutância foliar é composta em pequena parte pela condutância cuticular da epiderme e, quando os estômatos estão abertos, pela Gs que é controlada pelas células-guarda dos estômatos. Assim, a Gs é proporcional ao número, tamanho e diâmetro da abertura dos estômatos, características que dependem, além dos fatores já citados, de outros fatores endógenos e ambientais (Brodribb & Holbrook, 2003). O valor médio da condutância estomática observado nos tratamentos foi de 0,09, e as diferenças observadas entre plantas de arroz que competiam com o biótipo resistente e as que competiam com o suscetível, foi próximo a 0,01 mol m^{-1} s^{-1}. Como o arroz é uma planta melhorada, portanto bastante homogênea, pode-se inferir que a imposição da competição não foi suficiente para sobrepujar a importância dos demais fatores na determinação da Gs.

A pressão de vapor na câmara sub-estomática (E_{an}) das folhas de arroz foi menor quando em alta intensidade de competição com as plantas de capim-arroz, tanto resistente como suscetível ao quinclorac, obtendo-se comportamento similar (Tabela 3). A pressão de vapor nas folhas de arroz foi inferior à testemunha livre de infestação, quando competindo com quatro ou cinco plantas do biótipo resistente, ou com cinco plantas de capim-arroz do biótipo suscetível. A E_{an} está diretamente relacionada ao status hídrico da planta e à dinâmica de fluxo de vapor de água (Taiz & Zeiger, 2004). Mesmo em uma folha com alta transpiração, a umidade relativa na câmara poderá exceder 95% e o potencial hídrico resultante pode estar próximo de zero, incrementando as trocas com o meio ambiente, que possui potencial hídrico muito negativo (Cochard et al., 2002). Sob estas condições, a pressão de vapor seria igual a pressão de vapor de saturação na temperatura da folha. Desta forma, a E_{an} é controlada pelo nível de umidade e temperatura da folha e atua sobre a condutância estomática de vapores de água (Gs) e sobre a transpiração (E). Além disso, de maneira geral, menores valores de

E_{an} influenciam a Gs, que por sua vez pode afetar a eficiência do uso da água pela planta (Sinclair et al., 1975). Também não foram observadas diferenças entre plantas de arroz que competiram com os biótipos resistentes ou com os suscetíveis, em nenhum dos tratamentos avaliados.

O metabolismo vegetal faz com que, via de regra, a temperatura da folha seja superior à temperatura do ar ao seu redor. Sendo assim, incrementos no metabolismo podem ser indiretamente aferidos em função da temperatura da folha. Normalmente esta diferença fica ao redor de um ou dois graus, mas em casos extremos pode exceder a 5 ^{o}C (Drake & Salisbury, 1972; Atkin et al., 2000). A temperatura da folha das plantas de arroz não foi alterada em função do aumento na intensidade de competição com plantas de capim-arroz do biótipo resistente ao herbicida (Tabela 4). Por outro lado, quando a planta de arroz competiu com cinco plantas do biótipo suscetível, apresentou temperatura inferior à observada nos demais tratamentos. Isto se deve, pelo menos em parte, ao menor metabolismo da planta de arroz, em função da menor captação de luz ocasionada pelo sombreamento causado pelas plantas de capim-arroz. Foi constatada ainda diferença entre as plantas que competiram com quatro ou cinco plantas dos distintos biótipos de capim-arroz, sendo observada maior temperatura da folha das plantas de arroz que competiram com o biótipo de capim-arroz resistente, provavelmente também em função da maior captação de luz e maior metabolismo.

A taxa transpiratória das plantas de arroz foi alterada em função da intensidade de competição dos biótipos de capim-arroz resistente e suscetível ao herbicida quinclorac (Tabela 5). Quando competindo com o biótipo resistente, somente a menor intensidade de competição não diferiu da testemunha livre de infestação. Em patamar inferior, localizaram-se as densidades de duas a quatro plantas de capim-arroz, que não diferiram entre si, e foram superiores ao tratamento onde a planta de arroz competiu com cinco plantas de capim-arroz. Quando as plantas de arroz competiram com plantas de capim-arroz do biótipo suscetível, o comportamento foi similar à competição com plantas do biótipo resistente, também sendo possível a estratificação em três níveis. No entanto, diferenças quanto à testemunha não infestada foram observadas somente sob maior intensidade de competição.

Nas menores e nas maiores intensidades de competição, as plantas de arroz não diferiram na taxa transpiratória em função do biótipo de capim-arroz com o qual

competiam (Tabela 5). Nas intensidades moderadas – duas ou três plantas de capim-arroz competindo com 1 planta de arroz – foram observados maiores valores de transpiração para plantas que estavam na presença do biótipo de capim-arroz suscetível ao herbicida quinclorac. Como E depende diretamente de Gs e E_{an}, que por sua vez também são afetados por fatores ambientais, pode-se inferir que o biótipo suscetível apresenta a capacidade de causar maior interferência sobre as plantas de arroz, pois estas podem estar acelerando o metabolismo como forma de sobrepujar a competição, embora isso não implique em maior eficiência no uso da água.

O declínio de transpiração está associado ao fechamento dos estômatos, e variações na abertura estomática causam alterações no potencial hídrico, por atuarem sobre a E (Brodribb & Hill, 2000). A planta tende a fechar os estômatos quando os níveis de luz estão abaixo da radiação fotossinteticamente ativa, ou para evitar o estresse hídrico (Cochard et al., 2002). Todos estes parâmetros estão ligados numa relação de custo/benefício, pois a E também é um mecanismo de diminuição da temperatura da folha. Os processos de transpiração e captura de CO_2 só ocorrem quando os estômatos estão abertos, bem como a Gs. Devido ao calor latente de evaporação (o calor que efetivamente é usado para "aquecer" a água e possibilitar a evaporação), a transpiração tem um poderoso efeito resfriador, importante na regulação da temperatura da folha (Farquhar & Raschke, 1978).

A eficiência do uso da água (WUE) representa a quantidade de CO_2 fixado para a produção de matéria seca em função da quantidade de água transpirada (Silva et al., 2007). A eficiência do uso da água pelas plantas de arroz não foi afetada quando estas competiram com as plantas de capim-arroz do biótipo resistente (Tabela 6). Por outro lado, sob competição com plantas do biótipo suscetível, a planta de arroz no centro da parcela foi menos eficiente no uso da água a partir de duas plantas de capim-arroz por unidade experimental. Esta diferença foi observada também entre biótipos no mesmo tratamento, nos maiores níveis de competição.

Além do exposto, E e E_{an} estão intimamente relacionadas, podendo ser considerado que uma responda pela outra. Gs e a E também estão correlacionadas, uma vez que a transpiração é determinante primária do balanço de energia e status hídrico da planta (Sinclair et al., 1975). A E é determinada principalmente por Gs e duas variáveis físicas: radiação solar e déficit de saturação atmosférica (Raschke & Zeevaart, 1976;

Hunt et al., 1985). Uma vez que a Gs não foi alterada, é prudente atribuir as alterações na E à radiação, em função principalmente do sombreamento ocasionado pelas plantas de capim-arroz, que são plantas C_4 e, portanto, de rápido crescimento sob temperaturas relativamente elevadas, e que também apresentam maior eficiência do uso da água que plantas de arroz, de metabolismo C_3.

De maneira geral, observa-se que as plantas de arroz foram afetadas em função do aumento no número de plantas de capim-arroz competindo com a cultura, mas não foram observadas diferenças na maioria das variáveis estudadas em função do biótipo com o qual estas plantas competiam. Por outro lado, variáveis-chave, como a eficiência do uso da água, foram mais afetadas quando as plantas de arroz competiam com plantas de capim-arroz do biótipo suscetível ao herbicida quinclorac. Em condições de lavoura, esta característica pode não influenciar significativamente o desenvolvimento das plantas de arroz quando em interação com outros fatores.

LITERATURA CITADA

ANDRES, A.; MACHADO, S.L.O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR.; A.M. (Eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.457-546.

ATKIN, O. K. et al. Leaf respiration of Snow Gum in the light and dark. Interactions between Temperature and Irradiance. **Plant Physiology**, v. 122, p. 915–923, 2000.

BAPTISTA, J. M. et al. **Programa nacional para o uso eficiente da água.** Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, 2001. 212 p.

BRODRIBB, T. J.; HILL, R. S. Increases in water potential gradient reduce xylem conductivity in whole plants. Evidence from a low-pressure conductivity method. **Plant Physiology**, v. 123, p. 1021–1028, 2000.

BRODRIBB, T. J.; HOLBROOK, N. M. Stomatal closure during leaf dehydration, correlation with other leaf physiological traits. **Plant Physiology**, v. 132, p. 2166–2173, 2003.

COCHARD, H. et al. Unraveling the effects of plant hydraulics on stomatal closure during water stress in walnut. **Plant Physiology**, v. 128, p. 282–290, 2002.

DRAKE, B. G.; SALISBURY, F. B. Aftereffects of low and high temperature pretreatment on leaf resistance, transpiration, and leaf temperature in *Xanthium.* **Plant Physiology**, v. 50, p. 572-575, 1972.

FARQUHAR, G. D.; RASCHKE, K. On the resistance to transpiration of the sites os transpiration within the leaf. **Plant Physiology**, v. 61, p. 1000-1005, 1978.

FERREIRA, E.A. et al. Potencial competitivo de biótipos de azevém. **Planta Daninha,** 2008. (no prelo).

HUNT, E. R. et al. Effects of nitrate application on *Amaranthus powellii* Wats II. Stomatal response to vapor pressure difference is consistent with optimization of stomatal conductance. **Plant Physiology**, v. 79, p. 614-618, 1985.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo I, 2.ed. São Paulo: BASF, 1997. 825p.

LOPEZ-MARTINEZ, N. et al. Molecular markers indicate intraspecific variation in the control of *Echinochloa* spp. with quinclorac. **Weed Science,** v.47, p.310-315, 1999.

MELO, P. T. B. S. Et al. Comportamento de populações de arroz irrigado em função das proporções de plantas originadas de sementes de alta e baixa qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, p. 37-43, 2006.

NOLDIN, J. A. ; HERMES, L. C. ; FAY, E. F. ; EBERHARDT, D, S ; ROSSI, M. A. Persistência do herbicida clomazone no solo e na água quando aplicado na cultura do arroz irrigado, sistema pré-germinado. **Planta Daninha**, v. 19, p. 401-408, 2001.

NORRIS, R.F.; ELMORE, C.L.; REJMANEK, M.; AKEY, W.C. Spatial arrangement, density, and competition between barnyardgrass and tomato: I. Crop growth and yield. **Weed Science**, v.49, p.61-68, 2001.

PEREIRA-NETTO, A. B. Crescimento e desenvolvimento. In: WACHOWICZ, C. M.; CARVALHO, R. I. N. (Eds.) **Fisiologia vegetal - produção e pós-colheita.** Curitiba: Champagnat, 2002, p. 17-42.

PIMENTEL GOMES, F. P. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária.** Piracicaba: POTAFOS, 1987. 160 p.

RAMÍREZ, H.; MENEZES, V.G.; MARIOT, C.H.P. Controle de capim-arroz com o herbicida nomenee em mistura com gamit na cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Rio-Grandense do Arroz, 2001. p.528-530.

RASCHKE, K.; ZEEVAART, J. A. D. Abscisic acid content, transpiration, and stomatal conductance as related to leaf age in plants of *Xanthium strumarium* L. **Plant Physiology**, v. 58, p. 169-174, 1976.

SILVA, A. A. et al. Competição entre plantas daninhas e culturas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.) **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p. 17-61.

SINCLAIR, T. R. et al. Water use efficiency of field-grown maize during moisture stress. **Plant Physiology**, v. 56, p. 245-249, 1975.

SOSBAI: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado**: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Santa Maria: UFSM, 2005. 159p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3°Edição. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Tabela 1. Massa seca de parte aérea (MSPA) de plantas de arroz irrigado variedade BRS-Pelota, em função da competição com plantas de capim-arroz dos biótipos resistente ou suscetível ao herbicida quinclorac

Plantas em competição		**Resistente**[1]	**Suscetível**[1]	**Diferença**[2]
Arroz	**Capim arroz**	MSPA (g planta^{-1})		
1	**0**	0,69 a	0,89 a	- 0,20 ns
1	**1**	0,79 a	1,08 a	- 0,29 ns
1	**2**	0,25 b	0,62 b	- 0,38 ns
1	**3**	0,27 b	0,30 bc	- 0,03 ns
1	**4**	0,22 b	0,25 bc	- 0,03 ns
1	**5**	0,17 b	0,16 c	+ 0,01 ns

[1] Refere-se ao biótipo de capim-arroz com o qual a planta de arroz irrigado avaliada competia;
[2] ns – não significativo pelo teste da DMS;
Médias seguidas da mesma letra em uma coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Condutância estomática (Gs) de plantas de arroz irrigado variedade BRS-Pelota, em função da competição com plantas de capim-arroz dos biótipos resistente ou suscetível ao herbicida quinclorac

Plantas em competição		**Resistente**[1]	**Suscetível**[1]	**Diferença**[2]
Arroz	**Capim arroz**	Gs (mol m^{-1} s^{-1})		
1	**0**	0,10 a	0,11 a	- 0,01 ns
1	**1**	0,09 a	0,10 a	- 0,01 ns
1	**2**	0,08 a	0,09 a	- 0,01 ns
1	**3**	0,08 a	0,10 a	- 0,02 ns
1	**4**	0,09 a	0,09 a	0 ns
1	**5**	0,09 a	0,08 a	+ 0,01 ns

[1] Refere-se ao biótipo de capim-arroz com o qual a planta de arroz irrigado avaliada competia;
[2] ns – não significativo pelo teste da DMS;
Médias seguidas da mesma letra em uma coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Pressão de vapor na câmara sub-estomática (E_{an}) de arroz irrigado variedade BRS-Pelota, em função da competição com plantas de capim-arroz dos biótipos resistente ou suscetível ao herbicida quinclorac

Plantas em competição		**Resistente**[1]	**Suscetível**[1]	**Diferença**[2]
Arroz	**Capim arroz**		E_{an} (mBar)	
1	**0**	16,1 a	16,0 a	+ 0,1 ns
1	**1**	14,8 ab	14,7 ab	+ 0,1 ns
1	**2**	14,7 ab	15,1 ab	- 0,4 ns
1	**3**	14,4 ab	15,2 ab	- 0,8 ns
1	**4**	13,8 b	14,7 ab	- 0,9 ns
1	**5**	13,3 b	13,6 b	- 0,3 ns

[1] Refere-se ao biótipo de capim-arroz com o qual a planta de arroz irrigado avaliada competia;
[2] ns – não significativo pelo teste da DMS;
Médias seguidas da mesma letra em uma coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Temperatura da folha (T_{leaf}) de plantas de arroz irrigado variedade BRS-Pelota, em função da competição com plantas de capim-arroz dos biótipos resistente ou suscetível ao herbicida quinclorac

Plantas em competição		**Resistente**[1]	**Suscetível**[1]	**Diferença**[2]
Arroz	**Capim arroz**		T_{leaf} (^oC)	
1	**0**	24,5 a	24,5 a	0 ns
1	**1**	23,9 a	23,9 ab	0 ns
1	**2**	23,8 a	24,0 ab	- 0,2 ns
1	**3**	24,7 a	24,2 ab	+ 0,5 ns
1	**4**	24,1 a	23,1 ab	+ 1,0 *
1	**5**	23,4 a	22,3 b	+ 1,1 *

[1] Refere-se ao biótipo de capim-arroz com o qual a planta de arroz irrigado avaliada competia;
[2] ns – não significativo; * significativos ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste da DMS;
Médias seguidas da mesma letra em uma coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Taxa transpiratória (E) de plantas de arroz irrigado variedade BRS-Pelota, em função da competição com plantas de capim-arroz dos biótipos resistente ou suscetível ao herbicida quinclorac

Plantas em competição		**Resistente**[1]	**Suscetível**[1]	**Diferença**[2]
Arroz	**Capim arroz**	E (mol H_2O m^{-2} s^{-1})		
1	**0**	1,75 a	1,81 a	- 0,06 ns
1	**1**	1,51 ab	1,62 ab	- 0,11 ns
1	**2**	1,45 b	1,70 ab	- 0,25 *
1	**3**	1,38 b	1,61 ab	- 0,23 *
1	**4**	1,32 b	1,39 b	- 0,07 ns
1	**5**	1,25 c	1,27 c	- 0,07 ns

[1] Refere-se ao biótipo de capim-arroz com o qual a planta de arroz irrigado avaliada competia;
[2] ns – não significativo; * significativos ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste da DMS;
Médias seguidas da mesma letra em uma coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Eficiência do uso da água (WUE) de plantas de arroz irrigado variedade BRS Pelota, em função da competição com plantas de capim-arroz dos biótipos resistente ou suscetível ao herbicida quinclorac

Plantas em competição		**Resistente**[1]	**Suscetível**[1]	**Diferença**[2]
Arroz	**Capim arroz**	WUE (mol CO_2 mol H_2O^{-1})		
1	**0**	4,33 a	4,33 a	0 ns
1	**1**	4,44 a	4,33 a	+ 0,11 ns
1	**2**	4,48 a	3,76 b	+ 0,72 *
1	**3**	4,32 a	3,77 b	+ 0,55 *
1	**4**	4,20 a	3,90 b	+ 0,30 ns
1	**5**	4,32 a	3,82 b	+ 0,50 *

[1] Refere-se ao biótipo de capim-arroz com o qual a planta de arroz irrigado avaliada competia;
[2] ns – não significativo; * significativos ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste da DMS;
Médias seguidas da mesma letra em uma coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

EFEITOS DE DOSE E LOCAL DE APLICAÇÃO NA ABSORÇÃO DE QUINCLORAC POR BIÓTIPOS DE CAPIM-ARROZ (*Echinochloa crusgalli*)

Effects of Dose and Application Site on Quinclorac Absorption by Barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*) Biotypes

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a absorção e a translocação do quinclorac aplicado na parte aérea ou na raiz de biótipos de capim-arroz (*E. crusgalli*) resistente e suscetível a esse herbicida. Os tratamentos foram compostos por doses de quinclorac (0; 0,5; 1; 2; 4; 16 e 64 ppm), aplicadas na parte aérea ou raízes das plântulas dos biótipos de capim-arroz resistente e suscetível ao herbicida. As unidades experimentais foram compostas por copos plásticos contendo 250 cm^3 de areia. Dez dias após a emergência aplicou-se os tratamentos, com as plantas de capim-arroz em estádio de 2 a 3 folhas completamente expandidas. Os biótipos de capim-arroz foram irrigados com solução nutritiva semanalmente e mantidos até 40 dias após a emergência, quando se avaliou o comprimento, massa fresca e seca da parte aérea e das raízes. A análise de variância foi realizada pelo teste F a 5% de probabilidade e, em caso de significância, realizou-se análise de regressão não linear pelo modelo logístico de três parâmetros. No biótipo suscetível, o quinclorac foi mais absorvido pelas raízes em relação à parte aérea. Comparando a produção de massa seca das diferentes partes da planta do biótipo suscetível, por local de aplicação do herbicida, verificou-se que a ação do quinclorac é maior quando aplicado às raízes das plantas. Todavia, para o biótipo resistente, em função da alta tolerância deste ao quinclorac (superior a 128 vezes a dose recomendada) não foi possível determinar a dose que causa 50% de redução no acúmulo de massa seca (GR_{50}) e o índice de resistência (RI) entre ambos os biótipos. Este fato evidencia que a resistência do biótipo avaliado ao quinclorac pode decorrer da alteração no local de ação do herbicida.

Palavras-chave: herbicida; mecanismo de resistência; planta daninha.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate uptake and translocation of quinclorac as a function of application sites (shoot or roots) in *Echinochloa crusgalli* biotypes resistant and susceptible to this herbicide. The treatments consisted of quinclorac doses (0; 0,5; 1; 2; 4; 16 and 64 ppm), applied on the shoot or roots of seedlings of barnyardgrass biotypes. The experimental units consisted of plastic cups containing 250 cm^3 of sand. The treatments were applied 10 days after emergence, when barnyardgrass plants reached a 2- to 3- completely expanded leaves stage. The barnyardgrass biotypes were irrigated with nutritive solution weekly and maintained by 40 days after emergence, when length, fresh and dry matter of shoot and roots were evaluated. Variance analysis was carried out using the F test at 5% probability, and in case of significance, a non-linear regression analysis was also carried out using a three-parameter logistic model. In the susceptible biotype, quinclorac was more absorbed by the roots than by the shoot. Comparing dry mass production of the different plant parts of the susceptible biotype per application site, it was verified that quinclorac action is higher when applied to the plant roots. However, for the resistant biotype, it was not possible to determine the dose causing 50% reduction in dry mass accumulation (GR_{50}) nor the resistance index (RI) between both biotypes, due to its high tolerance to quinclorac (128 times the recommended dosage). This fact shows that the resistance of the evaluated biotype to quinclorac may be due to an altered target site.

Keywords: herbicide; resistance mechanism; weed.

INTRODUÇÃO

O quinclorac é um herbicida auxínico pertencente a classe do ácido quinolínico, apresentando amplo espectro de ação, recomendado para o controle de algumas folhas largas e gramíneas nas culturas do arroz, milho, soja, sorgo e pastagens em vários países (Chism et al., 1991). No Brasil, o quinclorac é registrado somente para controle de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) e angiquinho (*Aeschynomene* spp.) na cultura do arroz irrigado (Agrofit, 2008; Andres et al., 2007), tanto para aplicação à parte aérea, como em lâmina de água no sistema pré-germinado. Os sintomas de intoxicação das plantas daninhas pelo quinclorac aparecem entre o sétimo e o décimo

dia após a aplicação, como manchas vermelho-escuras, que progridem para clorose e eventual morte da planta (Grossmann & Kwiatkowski, 2000).

Embora as espécies para as quais o quinclorac é seletivo sejam relativamente bem conhecidas, o modo de ação em plantas daninhas e o mecanismo de seletividade para as culturas não são completamente compreendidos (Berghaus & Wuerzer, 1987; Grossmann & Kwiatkowski, 2000). No entanto, Zheng & Hall (2001) propõem que um grupo de proteínas denominadas ABP (*auxin-binding proteins*) seja o sítio de ação dos mimetizadores de auxina. Estes autores caracterizaram bioquímica e fisiologicamente a resistência de um biótipo de *Brassica kaber* aos herbicidas com este mecanismo de ação, não encontrando diferenças quanto à absorção, transporte ou metabolismo de herbicidas mimetizadores de auxina entre o biótipo resistente e suscetível.

Para o controle de três populações de *Echinochloa crusgalli* resistentes ao quinclorac encontradas na Espanha, foram necessárias doses do herbicida de 6, 10 e 26 vezes maiores que o biótipo suscetível de referência, para redução de 50% do acúmulo de massa (López-Martínez et al., 1997). Abdallah et al. (2006), encontraram maior capacidade de detoxificação do cianeto, com produção intensificada sob aplicação do quinclorac, no biótipo resistente de *Digitaria ischaemum*. Também, Sunohara & Matsumoto (1997) relatam que os efeitos da aplicação de quinclorac às folhas de plantas de milho diferem dos sintomas observados com aplicação de outros mimetizadores de auxina. Grossmann & Kwiatkowski (2000), afirmam que a aplicação do quinclorac às raízes de gramíneas reduziu o acúmulo de massa seca na parte aérea. Em outro trabalho, o quinclorac não inibiu a biossíntese da celulose em raízes de plantas tratadas, com aplicação às raízes (Tresch & Grossmann, 2003).

A tolerância de algumas espécies ao quinclorac se deve à menor exportação do herbicida para fora da folha tratada (Zawierucha & Penner, 2000). Chism et al. (1991), determinaram que o metabolismo do quinclorac não está envolvido no mecanismo de seletividade às culturas, mas a translocação e exsudação do produto intacto pelas raízes podem ter participação. Deste modo, o local de ação dos herbicidas em biótipos de capim-arroz resistente ou suscetível pode ser um fator que confere resistência desta espécie ao quinclorac.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a absorção e a translocação do herbicida quinclorac em função dos locais de aplicação (parte aérea ou raízes) em biótipos de capim-arroz resistente e suscetível a este herbicida.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil, com irrigação controlada. Os tratamentos foram compostos por concentrações do herbicida quinclorac (0; 0,5; 1; 2; 4; 16 e 64 ppm), aplicados na parte aérea ou raízes das plântulas dos biótipos de capim-arroz resistente e suscetível a este herbicida, dez dias após a emergência. Para isso, fez-se a semeadura do capim-arroz em copos plásticos contendo 250 cm^3 de areia, deixando-se apenas uma planta por vaso após o desbaste. Para garantir o bom desenvolvimento das plantas, fez-se a aplicação do adubo Ouro Verde contendo macro e micronutrientes, quando essas apresentavam uma a duas folhas. Esta operação foi repetida semanalmente, até a colheita do experimento realizada aos 30 dias após aplicação dos tratamentos. O experimento foi instalado em delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições.

As unidades experimentais foram mantidas dentro de bandejas plásticas individuais, contendo lâmina de água 1,0 cm abaixo do nível da areia nas unidades experimentais, durante todo o período de condução do experimento. A aplicação dos tratamentos ocorreu dez dias após a emergência, com as plantas de capim-arroz no estádio de duas a três folhas completamente expandidas. Para aplicação na parte aérea, a areia da unidade experimental permaneceu totalmente coberta com camada de papel toalha para evitar o contato com a solução herbicida. O produto foi aplicado às folhas com auxílio de algodão umedecido na solução, de forma a proporcionar cobertura total e homogênea em toda a parte aérea da planta. Para aplicação da solução na parte aérea, adicionou-se o óleo mineral Assist® na concentração de 0,5% v/v.

Quando se aplicou a calda herbicida ao sistema radical, as unidades experimentais foram retiradas da bandeja e colocadas para escorrer o excesso de água por duas horas. Após a água das bandejas foi substituída pelas respectivas soluções herbicidas, onde as unidades experimentais foram novamente embebidas por período de

24 horas. Transcorrido este tempo, as soluções herbicidas foram retiradas, e as bandejas novamente completadas com água pura após o escoamento do excesso de solução. Nos tratamentos aplicados via raízes, a parte aérea das plantas, que no momento da aplicação se encontravam desenvolvidas e projetadas para fora das unidades experimentais, não entraram em contato com as soluções. A metodologia foi aperfeiçoada para se assemelhar às condições de campo, onde o herbicida quinclorac é aplicado uma única vez sobre as plantas, porém permanece por mais tempo na lâmina de água.

Na colheita do experimento realizada aos 40 dias após a emergência (DAE), avaliaram-se o comprimento, a massa fresca e seca da parte aérea e das raízes. Após a aferição do comprimento da parte aérea e das raízes, fez-se a separação dessas partes, sendo acondicionadas em sacos plásticos, lacrados e colocados no interior de caixa de poliestireno expandido (Isopor®) contendo gelo, sendo transportadas ao laboratório para aferição da massa fresca em balança analítica. Posteriormente, a parte aérea e as raízes foram secas individualmente em estufa de circulação forçada de ar a 70 ^{o}C, até atingir massa constante, quando obteve-se a massa seca. A análise de variância foi realizada pelo teste F a 5% de probabilidade e, em caso de significância, efetuou-se análise de regressão não linear pelo modelo logístico de três parâmetros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura das plantas do biótipo de capim-arroz resistente não foi alterada nas concentrações avaliadas, tanto com aplicação à parte aérea como ao sistema de raízes (Figura 1). Já o biótipo suscetível, demonstrou redução nesta variável quando o herbicida foi aplicado na parte aérea ou raízes das plantas. Este efeito aumentou com incrementos nas concentração do quinclorac aplicadas. Com aplicação à parte aérea, a altura de plantas foi menor a partir da concentração de 0,5 ppm de quinclorac, até a concentração de 16 ppm, mantendo-se constante até aproximadamente 64 ppm. Os resultados demonstram que para o biótipo suscetível, as concentrações de 16 e 64 ppm foram cerca de 25% inferiores ao valor obtido para a testemunha (Figura 1A). Por outro lado, observou-se que ao aplicar quinclorac às raízes há maior redução da altura com o aumento na concentração do herbicida, comparativamente à aplicação na parte aérea, sendo os valores da altura das plantas em torno de 30% menores que a testemunha na concentração de 0,5 ppm. A partir da concentração de 16 ppm as plantas foram

aproximadamente 60% menores que a testemunha (Figura 1B).

De forma semelhante à parte aérea, o comprimento de raízes não foi alterado significativamente no biótipo de capim-arroz resistente ao quinclorac, com valores ao redor de 18 cm na média dos tratamentos (Figura 2). Porém, o biótipo suscetível demonstrou raízes mais curtas que a testemunha a partir de 0,5 ppm de quinclorac, com valores cerca de 20% inferiores que a testemunha na maior concentração de 64 ppm (Figura 2A). O comprimento de raízes foi mais afetado pelo aumento na concentração de quinclorac com aplicação às raízes do que à parte aérea das plantas, atingindo redução em torno de 60% na concentração de 64 ppm de quinclorac, quando comparadas à testemunha sem aplicação (Figura 2B).

Em *Digitaria ischaemum*, a aplicação do quinclorac na dose de 4.480 g ha^{-1} resultou na redução do acúmulo de biomassa do biótipo suscetível a esse produto, bem como na produção de três vezes mais etileno que o observado no biótipo resistente, e no acúmulo de cianeto nos tecidos. Quando o cianeto foi aplicado no biótipo resistente na forma de KCN, os resultados observados entre biótipos resistente e suscetível ao quinclorac foram similares (Abdallah et al., 2006). O mesmo foi observado por Grossmann & Kwiatkowski (1995). Além disso, o pré-tratamento de plantas do biótipo suscetível ao quinclorac com ACC antes da aplicação do herbicida, resultou em aumento na tolerância ao quinclorac. Estes autores concluíram que o mecanismo de resistência de *D. ischaemum* ao quinclorac deve-se provavelmente a uma alteração no sítio de ligação do herbicida.

A massa fresca da parte aérea das plantas de capim-arroz não foi alterada no biótipo resistente em função das concentrações de quinclorac. No entanto, para o biótipo suscetível, o acúmulo de massa fresca na parte aérea foi menor em função do aumento nas doses de quinclorac, com reduções moderadas até a concentração de 4 ppm e mais drásticas nas concentrações de 16 a 64 ppm do herbicida (Figura 3). Com aplicação do produto à parte aérea das plantas, a massa fresca da parte aérea na maior concentração de quinclorac foi de cerca de 50% do observado na testemunha (Figura 3A). No entanto, na mesma concentração aplicada às raízes, a massa fresca da parte aérea foi próxima a 15% do observado na testemunha (Figura 3B).

Em estudos envolvendo o grau de resistência de biótipos e o papel das auxinas na biossíntese do etileno e do cálcio na mediação da resistência, Zheng & Hall (2001)

determinaram que o mecanismo de resistência deve-se a alteração enzimática no sítio de ação. Estes autores identificaram ainda um grupo de genes responsáveis pela codificação destas proteínas, que diferiram entre os biótipos resistente e suscetível.

Normalmente, a insensibilidade enzimática a determinado herbicida, resulta em valores de GR_{50} (dose necessária para reduzir em 50% o acúmulo de massa nas plantas de determinado biótipo) e RI (razão entre o GR_{50} do biótipo resistente e do suscetível) relativamente maiores que os observados para outros mecanismos de resistência, como alterações na absorção ou translocação do herbicida na planta, em função da impossibilidade de conexão entre a molécula herbicida e o local de ação (Tranel et al., 2006; Trezzi et al., 2006).

A massa fresca de raízes (Figura 4) manteve-se estável em função do aumento nas concentrações de quinclorac para o biótipo de capim-arroz resistente, e foi menor no biótipo suscetível. A massa fresca de raízes foi reduzida mais drasticamente a partir da concentração de 4 e 1 ppm com aplicação à parte aérea (Figura 4A) e ao sistema de raízes (Figura 4B), respectivamente. A solução de 64 ppm de quinclorac reduziu a massa fresca de raízes em cerca de 50 e 91% em relação ao observado na testemunha, para aplicação à parte aérea ou às raízes, respectivamente.

O comportamento da massa seca da parte aérea (Figura 5) foi muito similar ao da massa fresca (Figura 3), sendo que os tratamentos aplicados ao biótipo resistente não alteraram significativamente o acúmulo de massa, com média de 28 mg planta^{-1} tanto para aplicação à parte aérea das plantas, como às raízes. Na concentração de 64 ppm de quinclorac, a massa seca da parte aérea foi ao redor de 65 e 18% do observado na testemunha sem aplicação, para as aplicações realizadas à parte aérea (Figura 5A) e às raízes (Figura 5B) das plantas de capim-arroz, respectivamente.

A massa seca de raízes do biótipo resistente manteve-se estável em função das concentrações de quinclorac, tanto com aplicação à parte aérea das plantas, como às raízes (Figura 6). Para o biótipo suscetível, ocorreu redução no acúmulo de massa seca de raízes com o aumento na concentração de quinclorac a partir da menor dose avaliada (0,5 ppm), independentemente do local de aplicação. Na maior concentração, a massa seca de raízes foi de aproximadamente 65 e 12% do valor observado nas testemunhas sem aplicação, respectivamente para aplicação de quinclorac à parte aérea (Figura 6A) ou às raízes (Figura 6B) das plantas de capim-arroz.

De acordo com Vidal (2002), a absorção de herbicidas via foliar normalmente é mais dificultada que via raízes, podendo ser afetada pelo efeito do ambiente sobre a gota, pela densidade de plantas daninhas, disposição foliar e superfície atingida. Além disso, a presença da cutícula na parte aérea é mais uma barreira que o herbicida precisa vencer para que ocorra a absorção pela planta. No experimento conduzido em casa de vegetação, nenhum destes fatores foi diferenciado nos tratamentos, pois as folhas foram completamente cobertas pela solução herbicida. Não houve a formação diferencial de gotas (a cobertura foi contínua), a densidade de plantas foi a mesma, a disposição foliar não foi considerada em função da modalidade de aplicação, e a superfície atingida foi idêntica. No caso da aplicação via raízes, elas permaneceram em contato com a solução herbicida por tempo similar. As plantas de capim-arroz do biótipo suscetível foram mais afetadas pela aplicação de quinclorac no sistema de raízes (Figura 1B, 2B, 3B, 4B, 5B e 6B), comparativamente a aplicação na parte aérea das plantas (Figuras 1A, 2A, 3A, 4A, 5A e 6A) em todas as variáveis analisadas.

Em virtude do não efeito de concentrações de quinclorac sobre o biótipo resistente, não foi possível determinar se ocorreu alguma diferença quanto à importância de cada sítio de aplicação do herbicida (aérea ou raízes) entre os biótipos resistente e suscetível. No entanto, de acordo com o comportamento das variáveis estudadas e com o exposto por Vidal (2002), é possível inferir que o quinclorac pode ser mais eficientemente absorvido pelo sistema de raízes do que pela parte aérea das plantas de capim-arroz do biótipo suscetível, considerando que sua mobilidade na planta pode ser limitada (Scott & Morris, 1970). Além disso, é possível afirmar que a translocação do quinclorac no biótipo suscetível ocorre preferencialmente da parte aérea para as raízes, pois as raízes foram mais afetadas que a parte aérea mesmo com aplicação do quinclorac à parte aérea de *E. crusgalli*.

É possível afirmar ainda que o GR_{50} do biótipo resistente é muito superior ao do biótipo suscetível e que o índice de resistência (RI) é elevado, pois se situou acima do intervalo avaliado. Valores de RI muito elevados foram observados em casos onde o mecanismo de resistência da planta a determinado herbicida deve-se à alguma alteração no sítio de ação, tornando-o insensível à presença do herbicida (Grossmann & Kwiatkowski, 2000; Tranel et al., 2006; Trezzi et al., 2006). Melo et al. (2003) definiram que a concentração de quinclorac necessária para alcançar a GR_{50} de

determinado biótipo resistente de *Echinochloa crusgalli*, coletado na região Sul do Brasil, é de aproximadamente 90 vezes a do biótipo suscetível (GR_{50} = 90). Por outro lado, valores mais baixos de RI se relacionaram com outros mecanismos de ação, como metabolização (Manley et al., 1999) e menor translocação do herbicida no biótipo resistente (Ferreira et al., 2006). Todavia, para o biótipo resistente, em função da alta tolerância deste ao quinclorac (superior a 128 vezes a dose recomendada) não foi possível determinar a dose que causa 50% de redução no acúmulo de massa seca (GR_{50}) nem o índice de resistência (RI) entre ambos os biótipos.

O quinclorac foi mais eficientemente absorvido pelas raízes das plantas de capim-arroz do biótipo suscetível do que pela parte aérea e a translocação deu-se, preferencialmente, no sentido basípeto. Mesmo sob concentrações elevadas de quinclorac, não foi possível determinar o GR_{50} do biótipo resistente avaliado, nem o RI entre ambos os biótipos. Este fato evidencia que a resistência adquirida pelo biótipo pode decorrer da alteração no local de ação do herbicida.

LITERATURA CITADA

ABDALLAH, I. et al. Mechanism of resistance to quinclorac in smooth crabgrass (*Digitaria ischaemum*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 84, n. 1, p. 38-48, 2006.

AGROFIT. Disponível em www.agricultura.gov.br. Acesso em 15/06/2008.

ANDRES, A. et al. Detecção da resistência de capim-arroz (*Echinochloa* sp.) ao herbicida quinclorac em regiões orizícolas do sul do Brasil. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 221-226, 2007.

BERGHAUS, R.; WUERZER, B. The mode of action of the new experimental herbicide quinclorac (BAS 514 H). In: ASIAN PACIFIC WEED SCIENCE CONFERENCE, 11., Taipei. **Proceedings...** Taipei: APWSC, 1987. p. 81-87.

CHISM, W. J.; BINGHAM, W.; SHAVER, R. L. Uptake, translocation and metabolism of quinclorac in two grass species. **Weed Technology**, v. 5, n. 1, p. 771-775, 1991.

FERREIRA, E.A. et al. Glyphosate translocation in Italian ryegrass biotypes (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 365-370, 2006.

GROSSMANN, K.; KWIATKOWSKI, J. Evidence for a causative role of cyanide, derived from ethylene biosynthesis, in the herbicidal mode of action of quinclorac in barnyard grass. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 51, n. 7, p. 150-160, 1995.

GROSSMANN, K.; KWIATKOWSKI, J. The mechanism of quinclorac selectivity in grasses. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 66, p. 83-91, 2000.

LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; MARSHALL, G.; DEPRADO, R. Resistance of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to atrazine and quinclorac. **Pesticide Science**, v. 51, p. 171-175, 1997.

MANLEY, B. S. K.; HATZIOS K. H.; WILSON P. Absorption, translocation, and metabolism of chlorimuron and nicosulfuron in imidazolinone-resistant and -susceptible smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*). **Weed Technology**, v. 13, p. 759-764, 1999.

MELO, P.T.B.S.; ANDRES, A.; CONCENÇO, G. et al. Determinação de metodologia de laboratório para identificação de sementes de capim-arroz resistente ao herbicida quinclorac. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE ARROZ DE CLIMA TEMPLADO, 3, 2003, Punta del Este. **Anais...** Punta Del Este: INIA, 2003. CD-ROM.

SCOTT, P. C.; MORRIS, R. O. Quantitative Distribution and Metabolism of Auxin Herbicides in Roots. **Plant Physiology**, v. 46, p. 680-684, 1970.

SUNOHARA, Y.; MATSUMOTO, H. Comparative physiological effects of quinclorac and auxins, and light involvement in quinclorac-induced chlorosis in corn leaves. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 58, p. 125-132, 1997.

TRANEL, P. J.; PADZOLDT, W. L.; HAGER, A. G. An altered target site confers resistance to PPO-inhibiting herbicides in a waterhemp biotype. In: ANNUAL MEETING OF THE WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 46., 2006, New York. **Abstracts...** Champaign: WSSA, 2006. p. 256.

TRESCH, S.; GROSSMANN, K. Quinclorac does not inhibit cellulose (cell wall) biosynthesis in sensitive barnyard grass and maize roots. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 75, p. 73-78, 2003.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; KRUSE, N. D. et al. Greenhouse and laboratory bioassays for identification of *Euphorbia heterophylla* biotypes with multiple resistance to PROTOX and ALS-inhibiting herbicides. **Planta Daninha**, v. 24, p. 563-571, 2006.

VIDAL, R.A. **Ação dos herbicidas.** Porto Alegre: 2002. 89p.

ZAWIERUCHA, J. E.; PENNER, D. Absorption, translocation, metabolism, and spray retention of quinclorac in *Digitaria sanguinalis* and *Eleusine indica*. **Weed Science**, v. 48, p. 296-301, 2000.

ZHENG, H.; HALL, J. C. Understanding auxinic herbicide resistance in wild mustard: physiological, biochemical, and molecular genetic approaches. **Weed Science**, v. 49, p. 276-281, 2001.

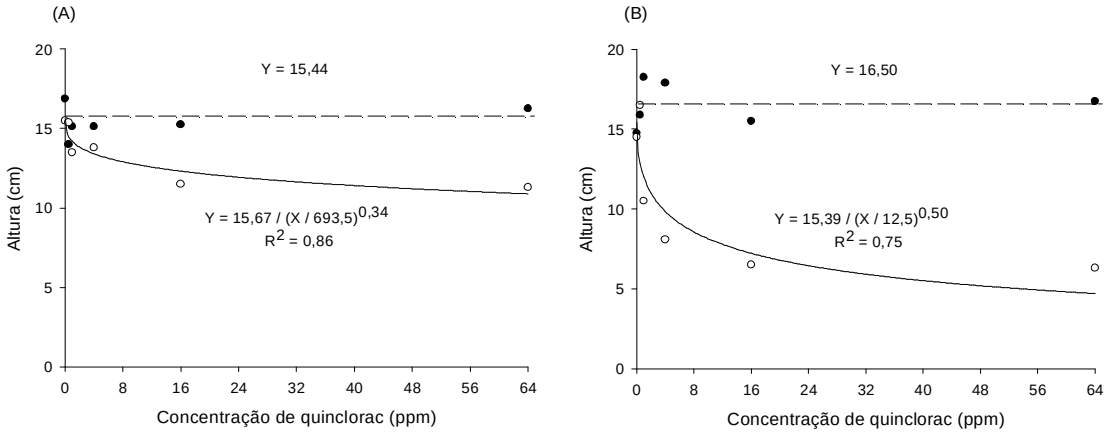

Figura 1. Altura da parte aérea de plantas de capim-arroz resistentes (●) ou suscetíveis (○) ao quinclorac, em função de doses do herbicida aplicado à parte aérea (A) ou às raízes (B).

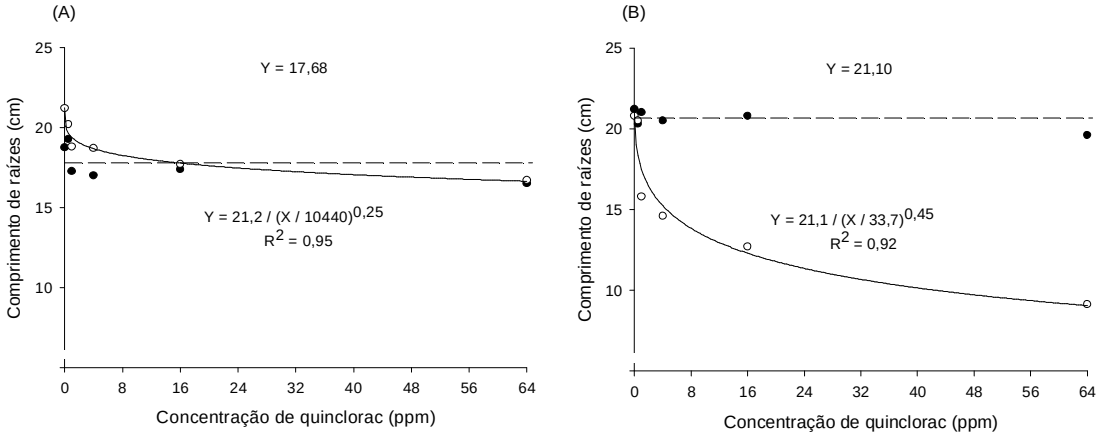

Figura 2. Comprimento de raízes das plantas de capim-arroz resistentes (●) ou suscetíveis (○) ao quinclorac, em função de doses do herbicida aplicado à parte aérea (A) ou às raízes (B).

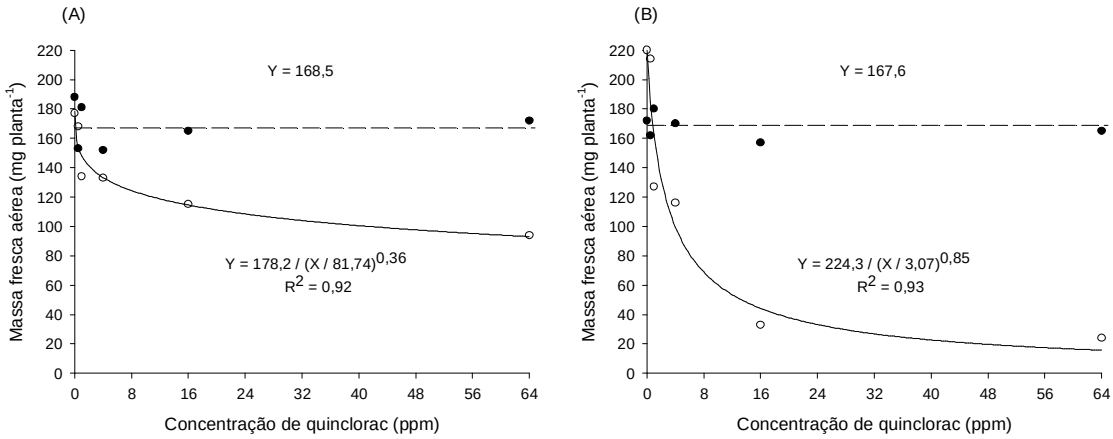

Figura 3. Massa fresca da parte aérea de plantas de capim-arroz resistentes (●) ou suscetíveis (○) ao quinclorac, em função de doses do herbicida aplicado à parte aérea (A) ou às raízes (B).

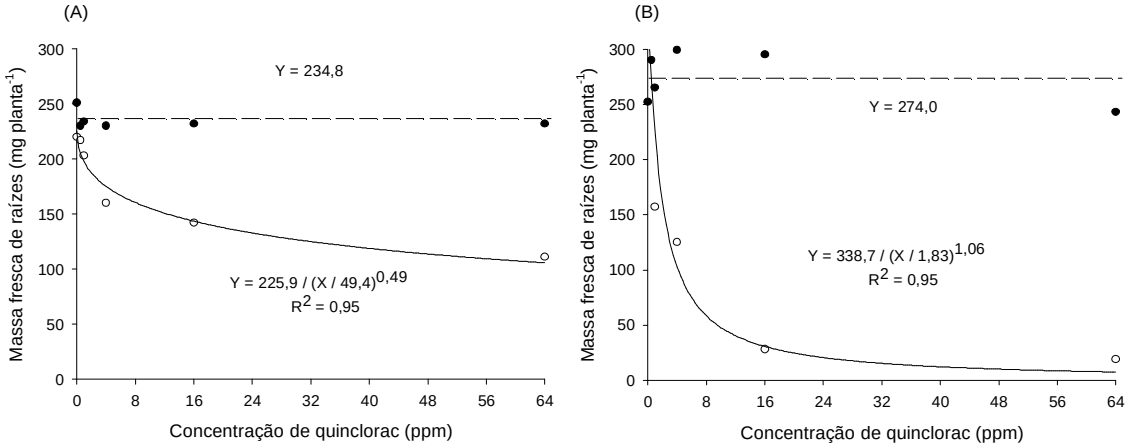

Figura 4. Massa fresca de raízes de plantas de capim-arroz resistentes (●) ou suscetíveis (○) ao quinclorac, em função de doses do herbicida aplicado à parte aérea (A) ou às raízes (B).

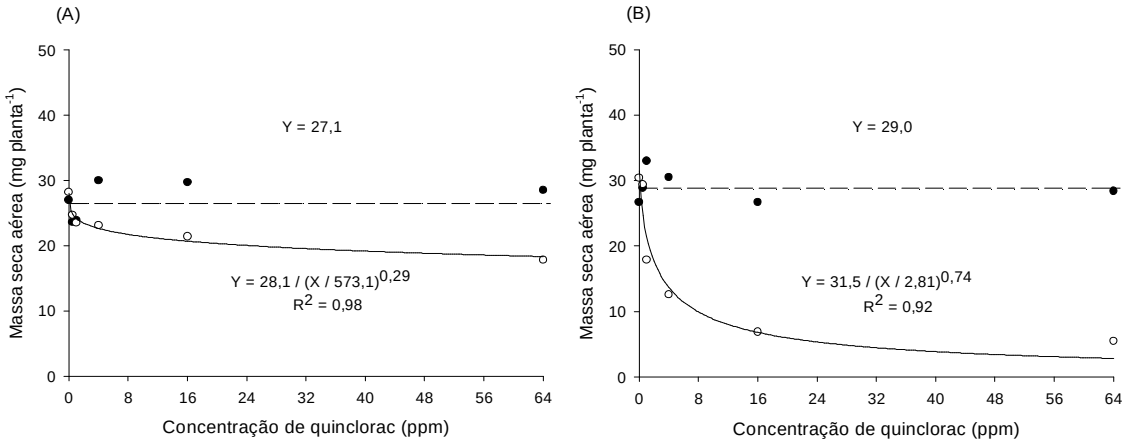

Figura 5. Massa seca da parte aérea de plantas de capim-arroz resistentes (●) ou suscetíveis (○) ao quinclorac, em função de doses do herbicida aplicado à parte aérea (A) ou às raízes (B).

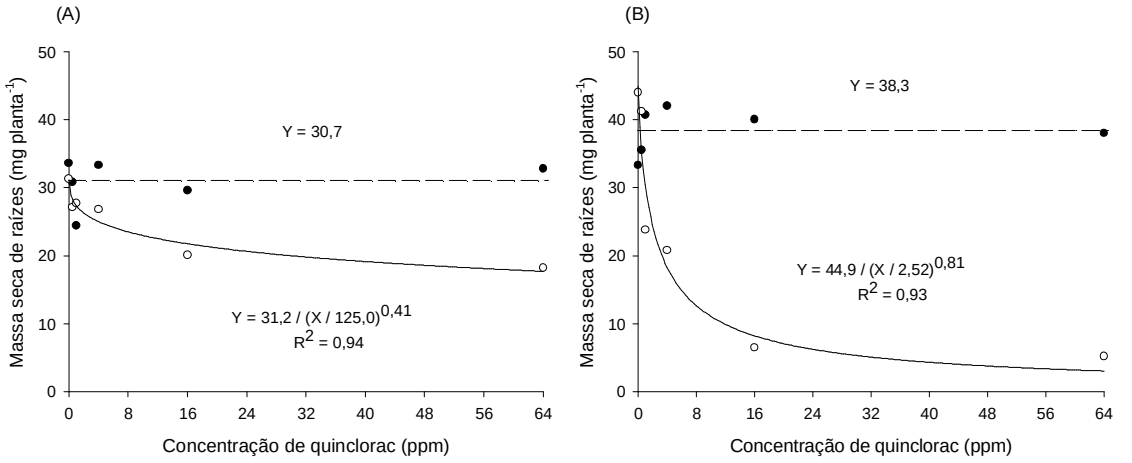

Figura 6. Massa seca de raízes de plantas de capim-arroz resistentes (●) ou suscetíveis (○) ao quinclorac, em função de doses do herbicida aplicado à parte aérea (A) ou às raízes (B).

MÉTODO RÁPIDO PARA DETECÇÃO DE RESISTÊNCIA DE CAPIM-ARROZ (*Echinochloa crusgalli*) AO QUINCLORAC

Quick Test for Detecting Resistance of Barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*) to Quinclorac

RESUMO

Considerando-se que a resistência de capim-arroz ao quinclorac está amplamente distribuída nas lavouras do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, e que o "teste padrão" para distinção de biótipos resistentes a esse herbicida é demorado, torna-se necessário o desenvolvimento de um "teste rápido" para identificação de propágulos desses biótipos. Para isso foram realizados dois experimentos, um em casa de vegetação (teste padrão) e o outro em laboratório (teste rápido). No ensaio em laboratório, sementes de quatro biótipos de capim-arroz, caracterizados como resistentes ou suscetíveis ao quinclorac, foram semeadas em papel germitest umedecido com soluções de 0; 3,75; 18,75; 37,5; 187,5; 375 e 1875 mg L^{-1} do herbicida durante 14 dias a 25 ^{o}C. Em casa de vegetação os mesmos biótipos foram cultivados em vasos contendo 10 L de solo, e submetidos às doses de 0; 5,5; 187,5; 375; 750; 1.500 e 3.000 g ha^{-1} de quinclorac. Em casa de vegetação foram avaliadas a massa seca e altura de plantas aos 25 dias após emergência (DAE), enquanto no ensaio em laboratório foram determinadas a percentagem de sobrevivência aos 7 dias após semeadura (DAS), massa seca e o comprimento da parte aérea das plantas aos 14 DAS. O teste em laboratório é mais rápido, exige menos tempo, recursos humanos e materiais, com a mesma eficiência que o teste em casa de vegetação e com a vantagem adicional de permitir aferições quanto ao nível de resistência entre biótipos resistentes. Sugere-se que a concentração de 375 mg L^{-1} de quinclorac seja usada como padrão no teste rápido, pois apresenta adequada margem de segurança como indicadora da presença de biótipos resistentes, com percentagem de sobrevivência igual a zero para plântulas dos biótipos suscetíveis ao quinclorac.

Palavras-chave: plantas daninhas; biótipos; identificação.

ABSTRACT

Considering that the resistance of *Echinochloa crusgalli* to quinclorac is already distributed in rice fields of Rio Grande do Sul and Santa Catarina states, and that the standard tests are relatively slow in showing the resistance, appeared the need to develop a quick test in order to identify seeds from *Echinochloa* plants resistant to quinclorac. The trials were conducted at greenhouse and germination chamber. In the trial conducted at germination chamber, seeds of four *Echinochloa* biotypes, characterized as resistant or susceptible to quinclorac, were sowed under concentrations of 0, 3.75, 18.75, 37.5, 187.5, 375 and 1875 mg L^{-1} of quinclorac, and the trial was conducted at 25°C for 14 days. Under greenhouse conditions, the same biotypes were sowed and treated with rates of 0, 5.5, 187.5, 375, 750, 1500 and 3000 g ha^{-1} of quinclorac. At this trial, the dry mass and plant height were evaluated 25 days after emergence, and at germination chamber, the dry mass and plant height were evaluated 14 days after sowing (DAS), and the survival was evaluated 7 DAS. The quick test demanded less time, human efforts and material, with equal efficiency to the greenhouse trial. In addition, it was capable of differentiating both resistant biotypes in function of resistance level. It is suggested that the concentration of 375 mg L^{-1} of quinclorac should be used as the standard for the quick test, once it showed a good security in separating seeds from resistant and susceptible biotypes.

Keywords: weeds; biotypes; identification.

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado possui grande expressão econômica nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, com patamares de produtividade em torno de 5,6 e 7,5 t ha^{-1}, respectivamente (Andres & Machado, 2004). As plantas daninhas são responsáveis por perdas substanciais de produtividade das culturas, quando não corretamente manejadas. A diversidade de espécies, aliada a alta infestação, dificulta o controle, ocasiona problemas durante o cultivo, facilita o acamamento da cultura e dificulta outros tratos culturais, além de causar maiores perdas na colheita (Fleck et al.,

2004).

O capim-arroz (*Echinochloa* spp.) é considerado como uma das espécies daninhas mais problemática do arroz irrigado, por estar amplamente distribuído, ser de crescimento agressivo e apresentar similaridade morfológica com as plantas da cultura, o que dificulta a aplicação de métodos alternativos de controle (Andres et al., 2007). Altas infestações de capim-arroz podem causar reduções de até 90% no rendimento de grãos da cultura (Melo et al., 2006).

Dentre os herbicidas utilizados na lavoura de arroz, o quinclorac, mimetizador de auxina reúne flexibilidade na aplicação (pré e pós emergência), eficiência de controle de *Echinochloa* spp. e *Aeschynomene* spp., baixa toxicidade ao homem e animais, e seletividade à cultura do arroz (Andres et al., 2002a). Este princípio ativo foi muito utilizado nas regiões orizícolas dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina no início da década de 1990 até meados de 1999, quando começaram a surgir queixas sobre falhas de controle de capim-arroz. Estudos realizados por instituições do Sul do País confirmaram a ocorrência de resistência desta espécie daninha (Eberhardt et al., 2000; Menezes & Ramirez, 2000; Andres et al., 2002b) e sua ampla distribuição nas áreas orizícolas (Andres et al., 2007).

Algumas espécies e alguns biótipos de *Echinochloa* no sul da Europa e Estados Unidos apresentam variações naturais de sensibilidade ao herbicida quinclorac; este fato independe do histórico de aplicação deste herbicida (Heap, 2007). Grossmann (1998) afirma que raízes de capim-arroz intactas foram apenas três vezes mais sensíveis ao quinclorac que raízes de arroz, e que a parte aérea é a principal responsável pela seletividade.

Trabalhos preliminares conduzidos na Embrapa Clima Temperado (Andres et al., 2002a, b) indicam a ocorrência de biótipos de capim-arroz resistentes ao quinclorac com maior e menor velocidade de germinação e crescimento inicial que o biótipo suscetível, em função principalmente do local de origem. Logo, estes biótipos podem tanto ter desaparecido das lavouras com o tempo, como ter mantido ou incrementado sua frequência na população na ausência do agente selecionador (Christoffoleti et al., 1994; Walsh et al., 2001). Além disso, suspeitas recentes quanto à evolução de resistência de capim-arroz aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) tendem a limitar o leque de produtos disponíveis para o controle de capim-arroz,

uma vez que a grande maioria dos produtos atualmente recomendados para este fim são inibidores da ALS (Andres et al., 2002a). Em áreas onde a resistência ao quinclorac não está presente, este produto poderia ser utilizado em sistema de rotação de princípios ativos para evitar o surgimento de biótipos resistentes a ambos os grupos químicos (Eerd et al., 2004; Vargas et al., 2005).

O método padrão adotado para comprovação da resistência normalmente é o bioensaio em casa de vegetação, sendo os biótipos com suspeita de resistência semeados em vasos contendo 10 L de solo e as plantas conduzidas por 15 dias após a emergência, quando então se realiza a aplicação de dose elevada de quinclorac (Andres et al., 2007). O tempo gasto para tal é de aproximadamente 30 dias, levando em consideração os períodos pré-emergência, pré-aplicação e de avaliação (Andres et al., 2002b).

Objetivou-se neste trabalho desenvolver metodologia que permita a detecção da resistência de capim-arroz ao quinclorac em menor tempo, menor uso de recursos humanos e de material.

MATERIAL E MÉTODOS

Em casa de vegetação climatizada foi utilizado o processo tradicional para detecção de resistência, em delineamento experimental de blocos casualizados com 5 repetições. As unidades experimentais constaram de vasos de polietileno contendo 10 L de solo corrigido e adubado segundo análise de solo. Dez sementes de capim-arroz foram semeadas por unidade experimental, e a emergência ocorreu quatro dias após a semeadura. O desbaste foi realizado cinco dias após a emergência (DAE), deixando seis plantas por vaso.

Os tratamentos constaram de doses de quinclorac (0; 5,5; 187,5; 375; 750; 1500 e 3000 g ha^{-1}) aplicados aos 10 DAE sobre dois biótipos resistentes ao quinclorac (ETB-13 e ETB-14), e dois suscetíveis de referência (ETB-00 e ETB-11) obtidos em áreas sem histórico de aplicação de mimetizadores de auxina. Os tratamentos foram aplicados utilizando pulverizador costal propelido a CO_2, equipado com ponta tipo leque 110.015 espaçadas em 0,5 m. Durante as aplicações manteve-se pressão constante de 28 PSI, sendo aplicado o equivalente a 150 L ha^{-1} de calda.

Foram avaliados a altura de plantas e a massa seca aos 25 DAE. A altura foi aferida com auxílio de régua graduada, expressa em centímetros, sendo composta pela

média aritmética da aferição das seis plantas em cada unidade experimental. A massa seca (MS) foi determinada para as seis plantas de cada unidade experimental, sendo cortadas rente ao solo e imediatamente acondicionadas em saco de papel, colocado na estufa de circulação forçada de ar a 70 ^{o}C até massa constante.

Os dados foram verificados quanto à normalidade e homogeneidade. Após isso foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5 %. No caso de significância estatística, foi efetuada análise de regressão com modelos não-lineares (Pimentel-Gomes, 1987).

Em laboratório, outro experimento foi realizado em câmara de germinação tipo Mangelsdorf, regulada para temperatura constante de 25 ^{o}C. Utilizou-se o delineamento experimental completamente casualizado com 5 repetições de 50 sementes por biótipo. Papéis germitest foram embebidos nas soluções de quinclorac (0; 3,75; 18,75; 37,5; 187,5; 375 e 1875 mg L^{-1}) durante 24 horas. Após este período, o excesso de solução foi drenado, sendo semeados dois biótipos resistentes ao quinclorac (ETB-13 e ETB-14), e os dois suscetíveis de referência (ETB-00 e ETB-11) obtidos em áreas sem histórico de aplicação de mimetizadores de auxina. As unidades experimentais foram acondicionadas individualmente em saco plástico fechado e colocadas aleatoriamente no interior do germinador em posição vertical.

As percentagens de germinação e de sobrevivência foram avaliadas sete dias após semeadura (DAS). Aos 14 DAS, foram avaliados o comprimento das plantas e a massa seca. O comprimento foi aferido com auxílio de régua graduada, expressa em centímetros, sendo composta pela média aritmética da aferição de 10 plantas representativas em cada unidade experimental. A massa seca (MS) foi determinada para 10 plantas de cada unidade experimental, sendo imediatamente acondicionadas em saco de papel, colocados na estufa de circulação forçada de ar a 70 ^{o}C até massa constante. Nas avaliações de germinação, foram consideradas apenas as plantas que permaneceram vivas após a germinação, uma vez que todas as sementes germinaram, independente de dose e de serem originadas ou não de biótipo resistente. Plântulas mortas e com presença de algum tipo de anomalia fenotípica foram desconsideradas nas avaliações de massa seca e comprimento de plantas.

Os dados obtidos foram verificados quanto à normalidade e homogeneidade, e submetidos à análise de variância pelo teste F a 5 %. No caso de significância

estatística, foi efetuada análise de regressão com modelos não-lineares (Pimentel-Gomes, 1987).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em casa de vegetação, houve redução de massa seca por planta a partir da menor dose do herbicida quinclorac nos biótipos suscetíveis, sendo o efeito mais pronunciado a partir da dose de 187,5 g ha^{-1}, que corresponde a 0,5 vezes a dose recomendada pela pesquisa para controle de capim-arroz (Figura 1). Na menor dose de quinclorac, a redução no acúmulo de massa seca dos biótipos suscetíveis foi ao redor de 50% em relação a testemunha sem aplicação. A dose de 375 g ha^{-1} aplicada sobre os biótipos suscetíveis causou morte da totalidade das plantas, enquanto os biótipos comprovadamente resistentes foram capazes de suportar a dose de 3000 g ha^{-1} (8x a dose recomendada). Nestas plantas não se observou alterações no acúmulo de massa ou sintomas aparentes de intoxicação, como amarelecimento, necrose ou murcha. Como conseqüência, o Índice de Resistência (RI) destes biótipos deverá ser superior a 8 (Valverde et al., 2000).

Na testemunha sem aplicação do herbicida, todos os biótipos apresentaram massa seca por planta equivalente, ao redor de 200 – 250 g $planta^{-1}$, indicando que o vigor de desenvolvimento das plantas pode ser equivalente tanto para os biótipos suscetíveis como para os resistentes ao quinclorac (Figura 1).

Plantas com menor altura ($p \leq 0,05$) também foram observadas nos biótipos suscetíveis submetidos ao quinclorac. De modo semelhante à massa seca de plantas, a altura foi alterada a partir da menor dose, obtendo-se controle satisfatório a partir da dose de 187,5 g ha^{-1}, e morte total das plantas com a dose de 375 g ha^{-1} (Figura 2). O valor observado nas testemunhas, tanto dos biótipos resistentes como dos suscetíveis, também foi similar, indicando compatibilidade no vigor de emergência e crescimento inicial (Figura 2). Os biótipos resistentes não mostraram alteração na altura de plantas em função do aumento da dose de quinclorac até 3000 g ha^{-1}.

Em laboratório, os biótipos suscetíveis tiveram o acúmulo de massa reduzido a partir da concentração de 3,75 mg L^{-1} de quinclorac, ocorrendo morte total das plantas a partir de 187,5 e 375 mg L^{-1} para os biótipos ETB-00 e ETB-11, respectivamente

(Figura 3). Ao contrário do observado em casa de vegetação, os biótipos comprovadamente resistentes (ETB-13 e ETB-14) tratados com o quinclorac tiveram o acúmulo de massa seca reduzido com o incremento na concentração do herbicida. O biótipo ETB-13 apresentou valor de massa seca ao redor de 26% do valor observado para a testemunha sem aplicação, e o ETB-14 ao redor de 74% (Figura 3). Foi possível obter distinção quanto ao nível de resistência ao quinclorac. O biótipo ETB-13 apresentou resistência intermediária, devido à drástica redução no acúmulo de massa na maior dose quando comparado à testemunha e o biótipo ETB-14 foi classificado como altamente resistente, devido à pequena variação nos valores de massa seca na maior dose (Figura 3). Os testes realizados em ambiente controlado normalmente são mais precisos e conclusivos que os de casa de vegetação ou a campo, devido à maior possibilidade de controle das variáveis do ambiente e menor coeficiente de variação (Magalhães Jr. et al., 2000).

O comprimento de plantas mostrou comportamento similar à massa seca, sendo que plantas menores foram observadas a partir da concentração de 3,75 mg L^{-1} de quinclorac. Ambos os biótipos suscetíveis mostraram comportamento semelhante em função do incremento na dose do herbicida, ocorrendo morte total das plantas na dose de 37,5 e 375 mg L^{-1} para os biótipos ETB-00 e ETB-11, respectivamente (Figura 4). Os biótipos resistentes mostraram redução no comprimento de plantas a partir das doses de 18,75 e 37,5 mg L^{-1}, exibindo valores ao redor de 80 e 90% do valor observado na testemunha sem aplicação, respectivamente.

Além dos valores de massa seca e altura de plantas, em laboratório foi possível aferir a ocorrência de resistência aos sete dias após a instalação do experimento através dos valores de sobrevivência (Figura 5), uma vez que as sementes permaneceram em ambiente com presença do herbicida desde a semeadura. Na primeira avaliação de germinação, realizada sete dias após semeadura (DAS), o resultado foi idêntico ao obtido na avaliação final, aos 14 DAS. Durante o processo de avaliação do teste de germinação, observou-se que as sementes germinavam independentemente da concentração utilizada. Entretanto, a morte ocorria em até cinco dias após a germinação, nas doses letais. Mesmo tendo sido detectadas diferenças quanto à germinação na contagem realizada aos 7 DAS, considera-se prudente conduzir o experimento até a

contagem final, aos 14 DAS, devido a possíveis diferenças de comportamento entre biótipos (Magalhães Jr. et al., 2000).

Em casa de vegetação, praticamente nenhum efeito de dose foi observado para os biótipos resistentes (Figuras 1 & 2). Por outro lado, no teste realizado em laboratório, além da distinção entre biótipos resistentes e suscetíveis ao quinclorac, foi possível aferir quanto ao nível de resistência entre biótipos resistentes (Figuras 3, 4 & 5). Pelos dados de germinação é possível distinguir entre biótipos resistentes e suscetíveis, bem como o nível de resistência entre os biótipos resistentes (Figura 5). Biótipos resistentes em casa de vegetação comportaram-se igualmente no experimento conduzido em câmara de crescimento, demonstrando que o teste rápido é eficiente na avaliação de sementes provindas de plantas resistentes. Em laboratório o teste foi mais rápido, alcançando os primeiros resultados aos 7 DAS, e o resultado final aos 14 DAS (Melo et al., 2003), enquanto para o experimento em casa de vegetação são necessários entre 30 e 35 dias para planejamento, implantação, avaliações e conclusões (Andres et al., 2002b).

Em laboratório a demanda por recursos humanos e de material é menor, o que permite avaliações de maior número de biótipos conjuntamente. Existem várias situações em que os testes rápidos podem ser utilizados. Muitas empresas os empregam como ferramenta de diagnóstico em falhas de controle de plantas daninhas com aplicação de seus produtos (Boutsalis, 2002). O teste rápido pode viabilizar a condução de estudos de ampla abrangência, semelhantes aos conduzidos por Andres et al. (2007) com 45 biótipos de capim-arroz com suspeita de resistência ao quinclorac e por Walsh et al. (2001), monitorando simultaneamente 133 lavouras na Austrália.

Sugere-se que a concentração de 375 mg L^{-1} de quinclorac seja usada como padrão no teste rápido, pois apresenta adequada margem de segurança como indicadora da presença de sementes de biótipos resistentes, com percentagem de sobrevivência igual a zero para plântulas dos biótipos suscetíveis ao quinclorac.

LITERATURA CITADA

ANDRES, A. et al. Uso de inibidores de tubulina, de ACCase e de ALS em arroz irrigado para o controle de capim-arroz resistente a quinclorac. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002a. p. 203.

ANDRES, A. et al. Avaliação de ecótipos de capim-arroz resistentes a quinclorac. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002b. p. 192.

ANDRES, A.; MACHADO, S. L. O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR.; A.M. (Eds.) **Arroz Irrigado no Sul do Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 457-546.

ANDRES, A. et al. Detecção da resistência de capim-arroz (*Echinochloa* sp.) ao herbicida quinclorac em regiões orizícolas do sul do Brasil. **Planta Daninha,** v. 25, p. 221-226, 2007.

BOUTSALIS, P. **Herbicida Resistance – Quick Test.** Global Herbicide Resistance Support, 2002. *CD-ROM*.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C. B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, v. 12, p. 13-20, 1994.

EBERHARDT, D. S. et al. Resistência de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) ao herbicida quinclorac. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos.** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 512.

EERD, L. L. V. Et al. Resistance to quinclorac and ALS-inhibitor herbicides in *Galium spurium* is conferred by two distinct genes. **Weed Research**, v. 44, p. 355-365, 2004.

FLECK, N. G. et al. Manejo e controle de plantas daninhas em arroz irrigado. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Eds.) **Manual de manejo e controle de plantas daninhas.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 251-321.

GROSSMANN, K. Quinclorac belongs to a new class of highly selective auxin herbicides. **Weed Science**, v. 46, p. 707-716, 1998.

HEAP, I. M. **International survey of herbicide resistant weeds.** Disponível em: http://www.weedscience.org Acesso em 06/04/2007.

MAGALHÃES Jr., A. M. et al. Método para identificação de sementes de arroz transgênico resistente ao herbicida glufosinato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 3 p. 31-38, 2000.

MELO, P. T. B. S. Et al. Determinação de metodologia de laboratório para identificação de sementes de capim-arroz resistente ao herbicida quinclorac. In: INTERNATIONAL TEMPERATE RICE CONFERENCE, III, 2003, Punta del Este. **Proceedings...** Punta del Este: INIA, 2003. *CD-ROM*.

MELO, P. T. B. S.; et al. Comportamento de populações de arroz irrigado em função das proporções de plantas originadas de sementes de alta e baixa qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, p. 37-43, 2006.

MENEZES, V. G.; RAMIREZ, H. V. Resistance of *Echinochloa crus-galli* L. to quinclorac in flooded rice

in Southern Brazil. In: INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3., 2000, Foz do Iguaçú. **Abstracts.** Corvallis: IWSS, 2000. p. 140.

PIMENTEL GOMES, F. P. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária.** Piracicaba: POTAFOS, 1987. 160 p.

VALVERDE, B. E.; RICHES, C. R.; CASELEY, J. C. **Prevention and management of herbicide-resistant weeds in rice**: Experiences from Central America with *Echinochloa colona*. Costa Rica: Cámara de Insumos Agropecuarios, 2000. 123 p.

VARGAS, L. et al. Alteração das características biológicas dos biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha,** v. 23, p. 153-160, 2005.

WALSH, M. J. et al. High frequency of chlorsulfuron resistant wild radish (*Raphanus raphanistrum* L.) populations across the Western Australian Wheatbelt. **Weed Technology**, v. 15, p. 199-203, 2001.

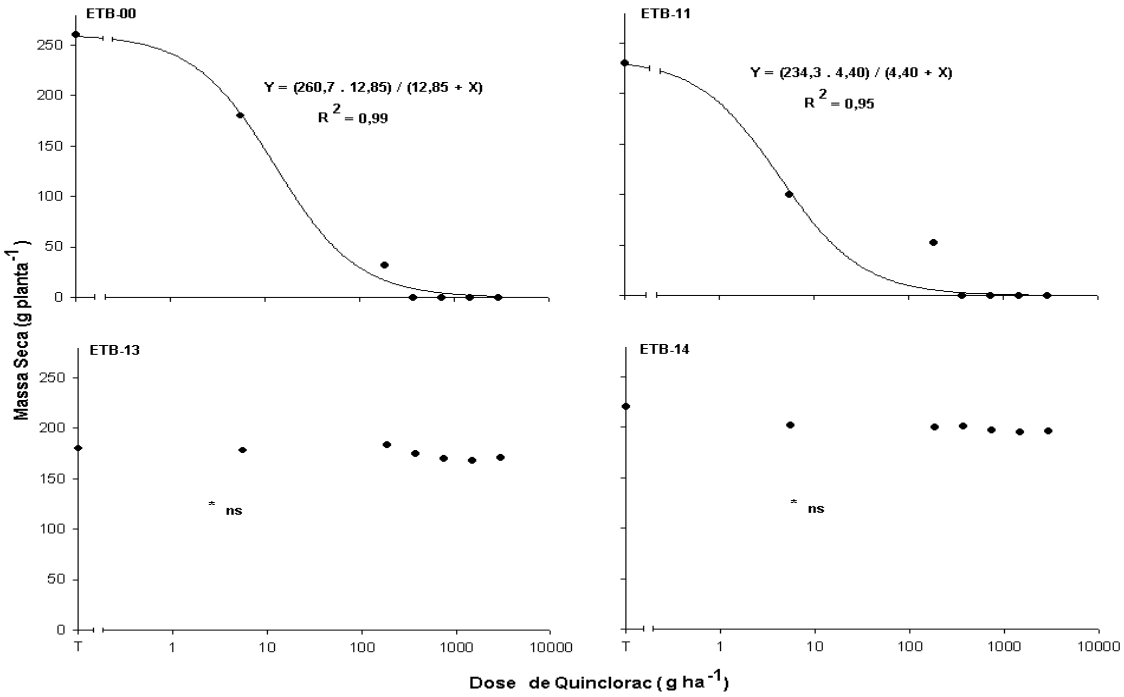

Figura 1. Massa seca da parte aérea de plantas de capim-arroz, cultivadas em casa de vegetação, aos 25 DAE, em função de biótipos e doses de quinclorac.

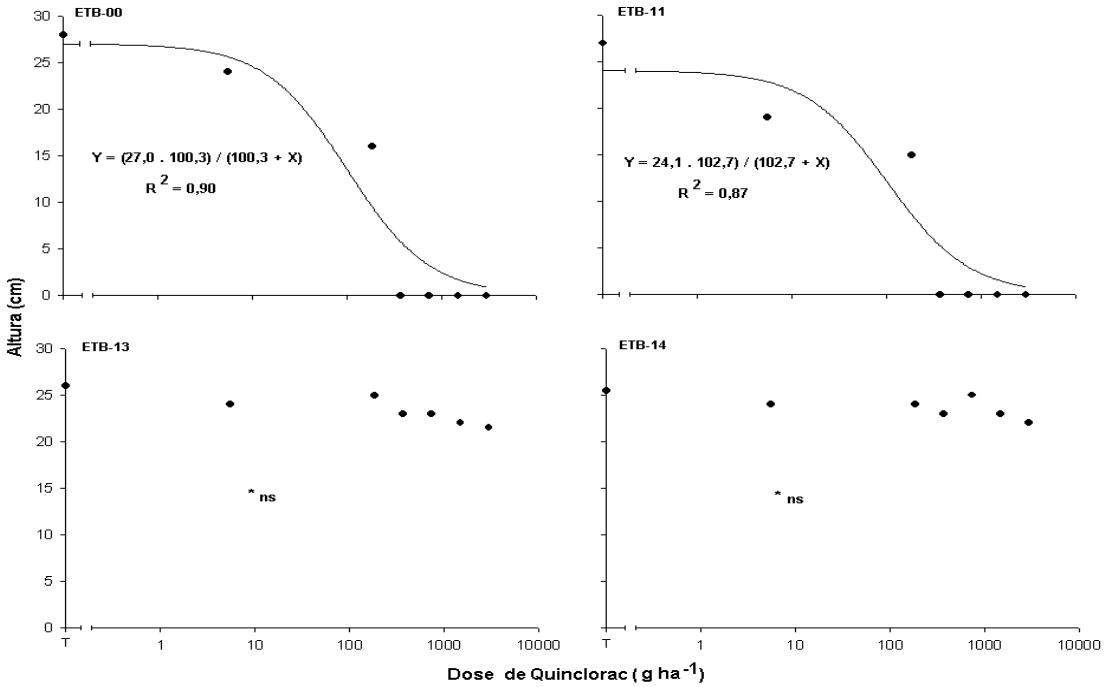

Figura 2. Altura da parte aérea de plantas de capim-arroz, cultivadas em casa de vegetação, aos 25 DAE, em função de biótipos e doses de quinclorac.

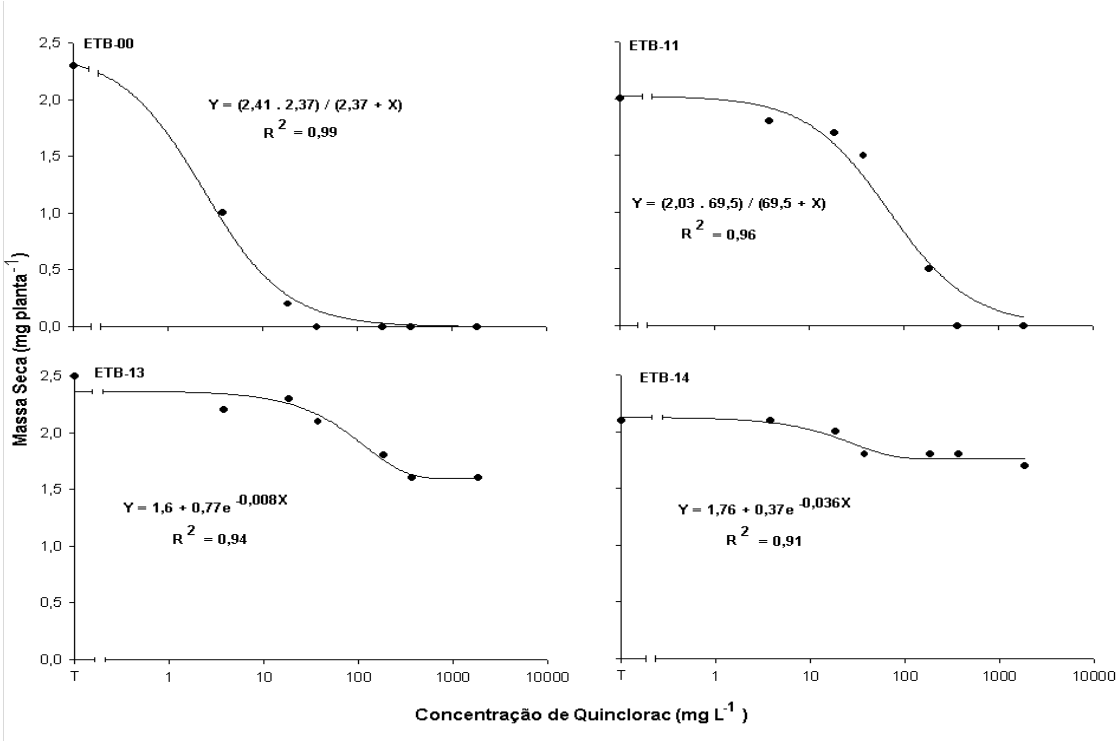

Figura 3. Massa seca de plantas de capim-arroz, cultivadas em câmara de crescimento, aos 14 DAS, em função de biótipos e concentrações de quinclorac.

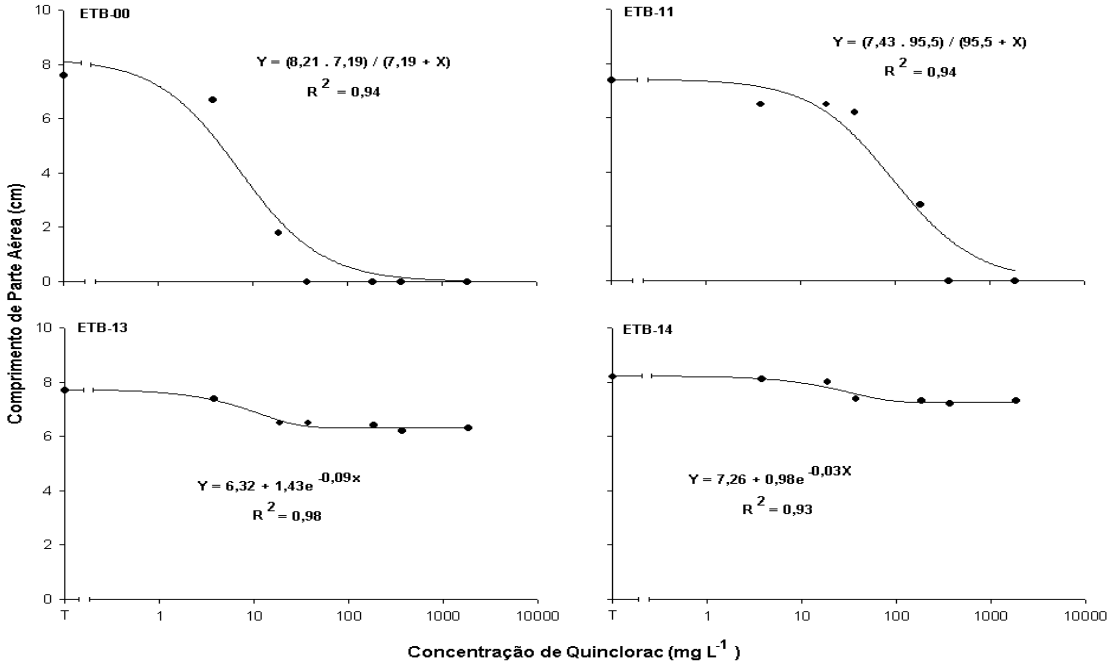

Figura 4. Comprimento da parte aérea de plantas de capim-arroz, cultivadas em câmara de crescimento, aos 14 DAS, em função de biótipos e concentrações de quinclorac.

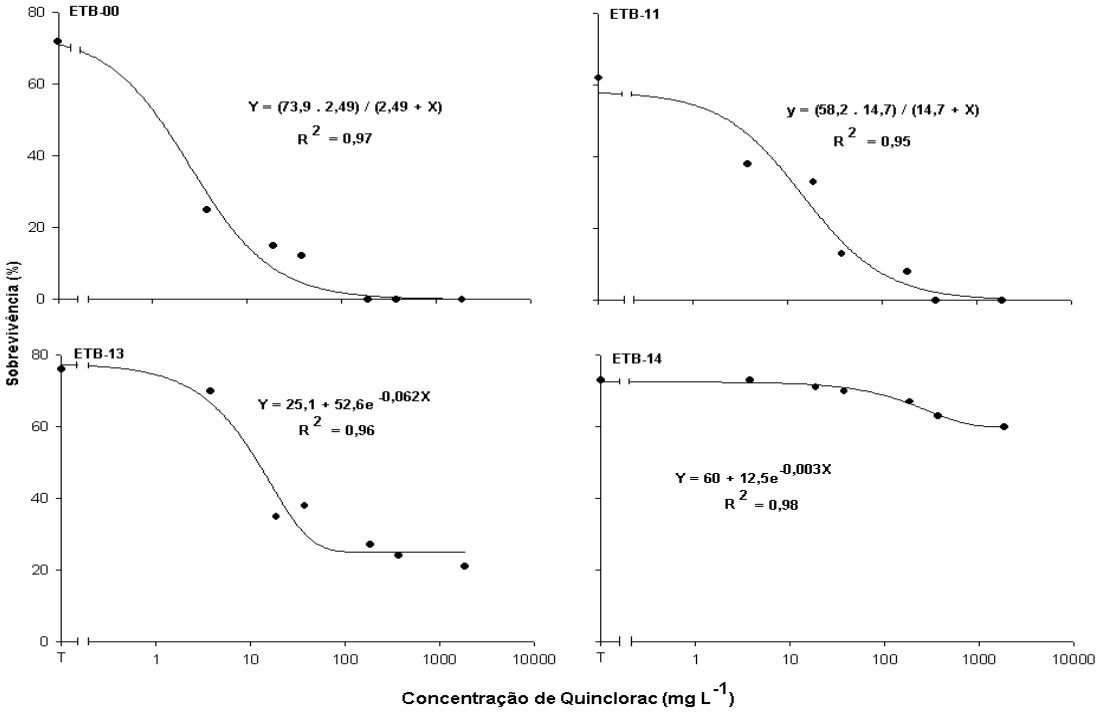

Figura 5. Sobrevivência de plântulas de capim-arroz, cultivadas em câmara de crescimento, aos 7 DAS, em função de biótipos e concentrações de quinclorac.

CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos resultados observados neste trabalho foram observadas poucas diferenças quanto ao desenvolvimento da parte aérea de plantas de capim-arroz, independente se estas eram de biótipos suscetíveis ou resistentes ao herbicida quinclorac. A altura das plantas no centro da parcela aumentou de acordo com o incremento no número de plantas do biótipo oposto; o número de perfilhos e de folhas por planta praticamente não foi alterado, mas a massa fresca por planta e a área foliar foram seriamente afetadas. Os biótipos de capim-arroz resistente e suscetível ao quinclorac somente diferiram nas intensidades moderadas de competição. Sob altas densidades, os biótipos tendem a se equiparar em relação ao potencial competitivo.

De maneira geral, observou-se que as plantas de arroz que competiam com plantas de capim-arroz foram afetadas com o aumento no número de plantas da espécie daninha, mas não foram observadas diferenças na maioria das variáveis estudadas em função do biótipo com o qual estas plantas competiam. Sob competição com alta densidade de plantas de capim-arroz do biótipo suscetível, plantas de arroz da variedade BRS Pelota foram menos eficientes no uso da água que competindo com plantas do biótipo resistente. Em condições de lavoura esta característica pode não ser significativa quando em interação com outros fatores, podendo-se inferir que o momento do início do controle das plantas de capim-arroz, tanto para o biótipo resistente como suscetível, deva ser efetuado quando atingir-se uma população que possa causar futuros danos econômicos na cultura do arroz, sendo esta população independente do biótipo presente na lavoura.

É possível inferir que o herbicida quinclorac é mais facilmente absorvido pelas plantas de capim-arroz do biótipo suscetível quando o herbicida é aplicado via raízes, devido ao maior efeito observado em todas as variáveis nesta modalidade de aplicação. Além disso, é possível inferir que o GR_{50} (dose necessária para reduzir em 50% o acúmulo de massa seca da planta) do biótipo resistente é muito superior ao do biótipo suscetível, e que o índice de resistência (RI) é elevado, pois se situou acima do intervalo avaliado. Embora neste trabalho não tenham sido conduzidos estudos com a aplicação de quinclorac marcado radioativamente, pelos dados obtidos pode-se sugerir que a absorção e translocação diferencial deste herbicida não estejam relacionadas ao mecanismo de resistência, e que uma alteração no local de ação do herbicida na planta provavelmente seja responsável pela sobrevivência da planta, em função dos altos índices de resistência observados.

O método padrão adotado para comprovação da resistência normalmente é o bioensaio em casa de vegetação, sendo os biótipos com suspeita de resistência semeados em vasos contendo 10 L de solo e as plantas conduzidas por 15 dias após a emergência, quando então se realiza a aplicação de dose elevada de quinclorac. O tempo gasto para tal é de aproximadamente 30 dias, levando em consideração os períodos pré-emergência, pré-aplicação e de avaliação. O teste rápido desenvolvido neste trabalho foi planejado para condução em laboratório, em pouco tempo e com a utilização de um mínimo de recursos humanos e materiais; em sete dias é possível inferir se determinado biótipo é resistente ou não ao herbicida quinclorac. Além disso, este teste foi comparado com o teste padrão em casa de vegetação, e apresentou a vantagem adicional de permitir aferições quanto ao nível de resistência entre biótipos resistentes.

LITERATURA CITADA

ANDRES, A., MENEZES, V.G. Rendimento de grãos do arroz irrigado em função de densidade de capim arroz (*Echinochloa crus-galli*). In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: Epagri, 1997a. p.429-430.

ANDRES, A., MENEZES, V.G. Controle de capim arroz (*Echinochloa crus-galli*) e rendimento de grãos de arroz em três épocas de irrigação após aplicação de herbicidas. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: Epagri, 1997b. p.423-425.

ANDRES, A.; SCHMIDT, M.; MAGALHÃES Jr., A.M.; FAGUNDES, P.R.; FRANCO, D.F.; SCHAWANKE, A.M.L.; CONCENÇO, G.; BOHM, A.S. Uso de inibidores de tubulina, de ACCase e de ALS em arroz irrigado para o controle de capim-arroz resistente a quinclorac. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002a. p.203.

ANDRES, A.; SCHMIDT, M.; SCHWANKE, A.M.L. Avaliação de ecótipos de capim-arroz resistentes a quinclorac. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002b. p.192.

ANDRES, A.; MACHADO, S.L.O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR.; A.M. (Eds.). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.457-546.

ANDRES, A.; CONCENÇO, G.; MELO, P.T.B.S.; SCHMIDT, M.; RESENDE, R.G. Detecção da resistência de capim-arroz (*Echinochloa* sp.) ao herbicida quinclorac em regiões orizícolas do sul do Brasil. **Planta Daninha**, v.25, p.221-226, 2007.

BOSCARDIN, D.C.; ROMAN, E.S.; RODRIGUES, O.; VARGAS, L. Uso de modelo mecanístico na previsão da emergência de capim arroz (*Echinochloa crus-galli*). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.5, p.1-6, 2006.

BOUHACHE, M.; BAYER, D.E. Photosynthetic response of flooded rice (*Oryza sativa*) and three *Echinochloa* species to changes in environmental factors. **Weed Science**, v.41, p.611-614, 1993.

BRESSAN, R.A.; HASEWAGA, P.M.; LOCY, R.D. Fisiologia do estresse. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Eds.). **Fisiologia Vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2004. p.613-643.

CHAGAS, C.S.; CARVALHO Jr, W.; PEREIRA, N.R.; BHERING, S.B.; STEINMETZ, S. Um método para elaboração de zoneamentos agropedoclimáticos: estudo de caso do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.571-580, 2001.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C.B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, v.12, p.13-20, 1994.

CONCENÇO, G.; LOPES, N.F.; ANDRES, A.; SANTOS, M.Q.; RIEFFEL FILHO, J.A.; GARCIA, C.A.N. Emergência e crescimento inicial de plantas de arroz e capim-arroz em função do nível de umidade no solo. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.457-463, 2007.

EBERHARDT, D.S; NOLDIN, J.A.; STUKER, H. Dano de capim-arroz (*Echinochloa* spp) em arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO/REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p.581-584.

EBERHARDT, D.S.; NOLDIN, J.A.; GUTIEREZ, M.; DITTRICH, R.C. Resistência de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) ao herbicida quinclorac. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS

PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina: SBCPD, 2000. p.512.

EBERHARDT, D.S.; NOLDIN, J.A. Capim-arroz resistente ao herbicida Facet em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p.513-515.

EMBRAPA. **O arroz na alimentação**. Disponível em http://guapore.cnpaf.embrapa.br/publicacao/folhetos/arroz_alimentacao.pdf. Acesso em 23/08/2007.

GALON, L.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P.V.D.; TIRONI, S.P.; DAL MAGRO, T. Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (Oryza sativa) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v.25, p.697-707, 2007.

GIANESSI, L.P.; SILVERS, C.S.; SANKULA, S.; CARPENTER, J.E. **Plant Biotechnology:** current and potential impact for improving pest management in u.s. Agriculture. Washington: NCFAP, 2002. 14p.

GOMES, D.N., SPERANDIO, C.A., PINTO, J.J.O.; GOMES, A.S.; FERREIRA, L.H.G. Redução de produtividade na cultura do arroz irrigado em função da população de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p.636-644.

GRESSEL, J.; SEGEL, L.A. Modelling the effectiveness of herbicide rotations and mixtures as strategies to delay or preclude resistance. **Weed Technology**, v.4, p.186-198, 1990.

GROSSMANN, K.; SCHELTRUP, F. Selective induction of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) synthase activity is involved in the selectivity of the auxin herbicide quinclorac between barnyard grass and rice. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.58, p.145-153, 1997.

GROSSMANN, K. Quinclorac belongs to a new class of highly selective auxin herbicides. **Weed Science**, v.46, p.707-716, 1998.

HEAP, I. **Synthetic auxins (O/4) resistant weeds.** Disponível em http://www.weedscience.org/Summary/UspeciesMOA.asp?lstMOAID=24. Acesso em 20/08/2007.

HEAP, I.M. **International Survey of Herbicide Resistant Weeds.** Disponível em www.weedscience.org. Acesso em 23/08/2008.

HERNANDES, G.C.; VIDAL, R.A.; WINKLER, L.M. Levantamento de práticas agronômicas e distribuição geográfica de *Bidens* spp. resistentes aos herbicidas inibidores de ALS nos Estados do Rio Grande do Sul e do Paraná. **Planta Daninha**, v.23, p.677-682, 2005.

HILTON, H.W. **Herbicide tolerant strains of weeds.** Hawaiian Sugar Planters Assocation Annual Report, 1957, p.69.

KIM, K.U. Ecophysiology of *Echinochloa* species and their management. In: SASTROUTOMO, S.S.; AULD, B.A. (Eds.). **Appropriate Weed Control in Southeast Asia**. Wallinford: CAB International, 1994. p.18-26.

KISSMANN, K. **Plantas Infestantes e Nocivas**. São Paulo: BASF, 1997. Tomo I. 825p.

LORENZI, H. **Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas**: plantio direto e convencional. 4.ed. Nova Odessa: Plantarum, 1994. 299p.

MENEZES, V.G.; RAMIREZ, H.V. Resistance of *Echinochloa crus-galli* L. to quinclorac in flooded rice in Southern Brazil. In: INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3., 2000, Foz do Iguaçú. **Abstracts...** Corvallis: IWSS, 2000, p.140.

MEROTTO Jr., A.; VIDAL, R.A.; FLECK, N.G.; REIS, B.; ANDRES, A. Resistência de *Echinochloa* sp. à quinclorac. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina: SBCPD, 2000. p.513.

MICHAEL, P.W. Taxonomy and distribution of *Echinochloa* species with special reference to their occurrence as weeds of rice. **Proceeding of the Conference on Weed Control in Rice...** Los Banõs: IRRI, 1983. p.291-306.

MELO, P.T.B.S.; ANDRES, A.; GOMES, A.S.; CONCENÇO, G.; RESENDE, R.G. Fluxo de emergência de plantas daninhas em áreas de cultivo de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** Jaboticabal: SBCPD/UNESP, 2004. CD-ROM.

MORRISON, I.N.; FRIESEN, L.F. Herbicide resistant weeds: mutation, selection and mis-conceptions. **Proceedings Second International Weed Control Congress**, v. 2, p.377-386, 1996.

PRADO, R.A.; FRANCO, A.R. Cross-resistance and herbicide metabolism in grass weeds in Europe: biochemical and physiological aspects. **Weed Science**, v.52, p.441-447, 2004.

RAMAKRISHNAN, P.S. Ecology of *Echinochloa colona* Link. **Proceedings of the Indian Academy of Sciences**, v.11, p.73-92, 1960.

ROMAN, E.S. **Modelling seedling emergence of common lambsquarters in corn**. Guelph: University of Guelph, 1998. 172p. Ph.D. Thesis.

SAARI, L.L.; COTTERMAN, J.C.; THILL, D.C. Resistance do acetolactate synthase inhibiting herbicides. In: POWLES, S.B.; HOLTUM, J.A.M. (Eds.). **Herbicide Resistance in Plants**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p.83-139.

SANDRI, M.A.; ANDRIOLO, J.L.; WITTER, M; DAL ROSS, T. Effect of shading on tomato plants grow under greenhouse. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.642-645, 2003.

SCHAEDLER, C.E.; MORAES, P.V.D.; NOLDIN, J.A.; EBERHARDT, D.S. Resistência de capim-arroz ao herbicida quinclorac em lavouras de arroz irrigado em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, 2008 (no prelo).

SILVA, M.R.M.; DURIGAN, J.C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. I - Cultivar IAC 202. **Planta Daninha**, v.24, p.685-694, 2006.

SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, J.B. Competição entre plantas daninhas e culturas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p.17-61.

SOARES SOBRINHO, J.A. **As plantas invasoras em relação às atividades humanas: ciclo de vida, propagação e disseminação das ervas daninhas.** Pelotas: UFPel, 1973. (2. Curso Intensivo sobre Plantas Invasoras e Herbicidas).

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO [SOSBAI]. **Arroz irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil.** Pelotas: Sosbai, 2007. 164p.

STREHL, T.; VIANNA, M.P. *Echinochloa colona* (L.) Link, o capim arroz em nossas lavouras. **Lavoura Arrozeira**, v.30, p.8-11, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VALVERDE, B.E.; RICHES, C.R., CASELEY, J.C. **Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz**. Experiencias en America Central con *Echinochloa colona*. San José, C.R.: Câmara de Insumos Agropecuarios, 2001. 136p.

VIDAL, R.A.; WINKLER, L.M.; HERNANDES, G.C.; FLECK, N.G.; MEROTTO Jr., A.; TREZZI, M.M. A field survey of crop management practices and distribution of ALS resistant *Euphorbia heterophylla* in two states in Southern Brazil. **Planta Daninha**, v.22, p.403-410, 2004.

WALSH, M.J.; DUANE, R.D.; POWLES, S.B. High frequency of chlorsulfuron resistant wild radish (*Raphanus raphanistrum* L.) populations across the Western Australian Wheatbelt. **Weed Technology**, v.15, p.199-203, 2001.

YABUNO, T. Biology of *Echinochloa* species. In: CONFERENCE ON WEED CONTROL IN RICE, 1., 1983, Philippines. **Proceedings...** Philippines: IRRI, 1983. p.307-318.

YOKOYAMA, L.P.; RUCATTI, E.G.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos conjunturais e sócio-econômicos da cultura do arroz. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1998, p.488-491.

ZAWIERUCHA, J.E.; PENNER, D. Absorption, translocation, metabolism, and spray retention of quinclorac in *Digitaria sanguinalis* and *Eleusine indica*. **Weed Science**, v.48, p.296-301, 2000.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo