SIMULAÇÃO DE DANO E FLUTUAÇÃO POPULACIONAL
DE *Oryzophagus oryzae* (COSTA LIMA, 1936)
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM CULTIVARES
DE ARROZ IRRIGADO

JAIRO JOÃO CARBONARI
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ DJAIR VENDRAMIM

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do Título de
Mestre em Ciências - Área de
Concentração: Entomologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1996

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Carbonari, Jairo João

Simulação de dano e flutuação populacional de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de arroz irrigado / Jairo João Carbonari. - Piracicaba, 1996.

69 p. : il.

Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.

Bibliografia.

1. Arroz irrigado - Dano - Simulação 2. Bicheira da raiz do arroz 3. Curculionídeo - Flutuação populacional 4. Simulação

CDD 633.18
632.768

SIMULAÇÃO DE DANO E FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE *Oryzophagus*
oryzae (COSTA LIMA, 1936) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)
EM CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO

JAIRO JOÃO CARBONARI

Aprovada em: 31/01/97

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Djair Vendramim

ESALQ/USP

Dr. José Francisco da Silva Martins

EMBRAPA/CPACT

Prof. Dr. Geraldo José Aparecido Dario

ESALQ/USP

Prof. Dr. José Djair Vendramim
Orientador

Aos meus pais Ermes e Odila, e irmãos Maria, Plínio,
Bernardete, Dolores, Helena, Elton, Edson, Ana e Fernanda

DEDICO

"É PRECISO AMAR AS PESSOAS COMO SE NÃO HOUVESSE O AMANHÃ"

Renato Russo

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força e esperança de continuar sempre lutando em busca de um ideal.

Ao Dr. José Djair Vendramim, Professor do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP, pela orientação, apoio e amizade durante a realização do Curso de Pós-graduação.

Ao Dr. José Francisco da Silva Martins, pesquisador da EMBRAPA/CPACT, pela amizade, sugestões e oportunidade para realização deste trabalho.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (EMBRAPA/CPACT), pelas facilidades concedidas para execução deste trabalho.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), pela oportunidade de realizar o Curso.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao colega e amigo Eng^o Agr^o Marcos Botton, pelo estímulo, sugestões, valioso auxílio na realização deste trabalho, e principalmente pelo companheirismo.

Aos professores, colegas e funcionários do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP, pela acolhida amiga, agradável convívio e valiosos ensinamentos.

Aos professores da FAEM/UFPel Alci Enimar Loeck e Mauro Silveira Garcia e ao pesquisador da EMBRAPA/CPACT Luiz Clóvis Belarmino, pela confiança e estímulo no início de minha formação profissional.

Aos estagiários da EMBRAPA/CPACT, João Carlos Gallina, Ane B. Veronez, Uemerson S. da Cunha e Sérgio Bertolla Junior e aos funcionários Elton Rogério Fonseca, Vanderlei Terres e Sibera de Deus Vieira, pela amizade e inestimável colaboração na condução dos experimentos.

Às bibliotecárias Kátia Maria de Andrade Ferraz e Eliana Maria Garcia Sabino, pela amizade e revisão das referências bibliográficas.

Ao Serviço Social da ESALQ/USP e aos moradores da Vila Estudantil da Pós-graduação, pela hospedagem e agradável convívio durante a realização do curso.

A todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xii
SUMMARY.....	xiv
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1.Aspectos bioecológicos de gorgulhos aquáticos....	5
2.2.Sistema radicular do arroz.....	6
2.2.1.Desenvolvimento e distribuição.....	6
2.2.2.Métodos de estudo.....	9
2.3.Resistência de arroz a gorgulhos aquáticos.....	11
2.4.Simulação de danos de insetos à plantas de arroz.	14
2.4.1.Simulação na parte aérea.....	14
2.4.2.Simulação no sistema radicular.....	16
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1.Cultivares utilizadas.....	20
3.2.Delineamento experimental.....	21
3.3.Flutuação populacional e período de perfilhamento	21
3.4.Simulação de dano.....	22
3.4.1.Equipamento simulador.....	22
3.4.2.Procedimentos de simulação.....	22
3.5.Análise estatística.....	26
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1.Flutuação populacional e período de perfilhamento	28
4.2.Simulação de dano.....	34
4.2.1.Primeira avaliação.....	34
4.2.2.Segunda avaliação.....	40
5.CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Equipamento utilizado para simulação do dano causado por larvas de <i>Oryzophagus oryzae</i> a cultivares de arroz irrigado. Pelotas, RS.....	23
2 Amostra de solo e raízes removida após o corte realizado pelo equipamento simulador de dano de <i>Oryzophagus oryzae</i> a cultivares de arroz irrigado. Pelotas, RS.....	25
3 Flutuação populacional (n° de larvas/amostra) de <i>Oryzophagus oryzae</i> e período de perfilhamento (n° de perfilhos/m linear) da cultivar de arroz BR-IRGA 414, em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.....	29
4 Flutuação populacional (n° de larvas/amostra) de <i>Oryzophagus oryzae</i> e período de perfilhamento (n° de perfilhos/m linear) da cultivar de arroz Bluebelle, em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.....	30
5 Flutuação populacional (n° de larvas/amostra) de <i>Oryzophagus oryzae</i> e período de perfilhamento (n° de perfilhos/m linear) da cultivar de arroz BR-IRGA 410, em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.....	31

6	Flutuação populacional (nº de larvas/amostra) de <i>Oryzophagus oryzae</i> e período de perfilhamento (nº de perfilhos/m linear) da cultivar de arroz Dawn, em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.....	32
7	Redução do peso seco de raízes (%) e da produção de grãos (%) em diferentes cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de <i>Oryzophagus oryzae</i> , em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.....	48
8	Redução do comprimento de raízes (%) e da produção de grãos (%) em diferentes cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de <i>Oryzophagus oryzae</i> , em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.....	49
9	Recuperação do sistema radicular [peso seco(%)] e redução de produção de grãos (%) em diferentes cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos simulado (1994) e natural e simulado (1995) de larvas de <i>Oryzophagus oryzae</i> , em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.....	50

10 Recuperação do sistema radicular [comprimento (%)] e redução de produção de grãos (%) em diferentes cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos simulado (1994) e natural e simulado (1995) de larvas de <i>Oryzophagus oryzae</i> , em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.....	51
---	----

LISTA DE TABELAS

Página

1	Larvas por amostra (N°), peso seco de raízes (g/amostra) e nível de corte (%), após os danos natural e simulado de larvas de <i>Oryzophagus oryzae</i> em cultivares de arroz irrigado. Primeira avaliação. Pelotas, RS.....	36
2	Larvas por amostra (N°), comprimento de raízes (cm) e nível de corte (%), após os danos natural e simulado de larvas de <i>Oryzophagus oryzae</i> em cultivares de arroz irrigado. Primeira avaliação. Pelotas, RS.....	37
3	Larvas por amostra (N°), volume de raízes (cm ³ /amostra) e nível de corte (%), após os danos natural e simulado de larvas de <i>Oryzophagus oryzae</i> em cultivares de arroz irrigado. Primeira avaliação. Pelotas, RS, 1996.....	38
4	Larvas por amostra (N°), comprimento total de raízes (m/amostra) e nível de corte (%), após os danos natural e simulado de larvas de <i>Oryzophagus oryzae</i> em cultivares de arroz irrigado. Primeira avaliação. Pelotas, RS, 1996.....	39

- 5 Peso seco de raízes (g/amostra), diferença (%) e recuperação (%) do sistema radicular, na fase de pré-emissão de panículas ("emborrachamento") em cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae*. Segunda avaliação. Pelotas, RS 41
- 6 Comprimento de raízes (cm), diferença (%) e recuperação (%) do sistema radicular, na fase de pré-emissão de panículas ("emborrachamento") em cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae*. Segunda avaliação. Pelotas, RS..... 42
- 7 Volume de raiz (cm³/amostra), diferença (%) e recuperação (%) do sistema radicular, na fase de pré-emissão de panículas ("emborrachamento") em cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae*. Segunda avaliação. Pelotas, RS, 1996..... 43

8	Comprimento total de raízes (m/amostra), diferença (%) e recuperação (%) do sistema radicular, na fase de pré-emissão de panículas ("emborrachamento") em cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de <i>Oryzophagus oryzae</i> . Segunda avaliação. Pelotas, RS, 1996.....	44
9	Coeficientes de correlação linear (r) para combinações de variáveis em cultivares de arroz irrigado, anteriormente submetidas aos danos natural e simulado de larvas de <i>Oryzophagus oryzae</i> . Pelotas, RS.....	45
10	Produção de grãos (g/parcela) e redução de produção (%) em cultivares de arroz irrigado submetidas aos danos natural e simulado de larvas de <i>Oryzophagus oryzae</i> . Pelotas, RS.....	47

**SIMULAÇÃO DE DANO E FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE *Oryzophagus*
oryzae (COSTA LIMA, 1936) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)
EM CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO**

Autor: JAIRO JOÃO CARBONARI

Orientador: Prof. JOSÉ DJAIR VENDRAMIM

RESUMO

A simulação de dano e a flutuação populacional de *Oryzophagus oryzae* foram avaliadas em quatro cultivares de arroz irrigado (BR-IRGA 414, Bluebelle, BR-IRGA 410 e Dawn), diferenciadas quanto ao grau de resistência ao inseto e duração do ciclo de desenvolvimento, em condições de campo. O número de larvas e de perfilhos foi registrado aos 10, 16, 23, 31, 38, 45, 54, 61, 68, 75 e 85 dias após a irrigação por inundação (DAI). As primeiras larvas foram encontradas aos 10 DAI, enquanto que o pico da população larval ocorreu aos 31 DAI independente da cultivar. As cultivares BR-IRGA 414 e Bluebelle (ciclo curto), perfilharam até aos 45 DAI, enquanto que 'BR-IRGA 410' e 'Dawn' (ciclo médio), até aos 68 DAI. Assim, o período de perfilhamento que excedeu a data em que ocorreu o pico populacional de larvas, foi de 14 e 37 dias para as cultivares de ciclos curto e médio, respectivamente. O dano de *O. oryzae* às raízes foi simulado na época em que ocorreu o pico da população larval, através de um equipamento de tração manual. Para avaliação, foram retiradas amostras de solo e raízes, logo após a simulação e na fase de pré-emissão de panículas ("emborrachamento") de cada cultivar.

Consideraram-se as variáveis peso seco, comprimento, volume e comprimento total de raízes. O corte proporcionado pelo simulador de dano foi similar ao provocado pelo ataque das larvas às raízes. Também os níveis de recuperação do sistema radicular, após os danos natural e artificial, foram semelhantes. As cultivares de ciclo médio apresentaram maiores índices de recuperação do sistema radicular e menores de redução na produção de grãos, após os danos simulado e natural, quando comparadas às de ciclo curto, sugerindo comportamento de tolerância ao ataque do inseto. Perdas de produção de grãos foram positivamente associadas ao índice de dano às raízes, e negativamente à percentagem de recuperação do sistema radicular. A similaridade no nível de dano e no nível de recuperação de raízes, obtidos pelos cortes artificial e natural, evidencia a possibilidade de uso da técnica de simulação de dano, na identificação de genótipos de arroz tolerantes a *O. oryzae*, evitando problemas de desuniformidade ou escassez de infestação do inseto, em experimentos a campo.

SIMULATION OF DAMAGE AND POPULATION FLUCTUATION OF
Oryzophagus oryzae (COSTA LIMA, 1936) (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) ON CULTIVARS OF IRRIGATED RICE

Author: JAIRO JOÃO CARBONARI

Adviser: Prof. JOSÉ DJAIR VENDRAMIM

SUMMARY

The simulation of damage and the population fluctuation of *Oryzophagus oryzae* were evaluated in four cultivars of irrigated rice (BR-IRGA 414, Bluebelle, BR-IRGA 410 and Dawn), differing in degree of resistance to the insect and development cycle duration, in field conditions. The number of larvae and shoots were registered at 10, 16, 23, 31, 38, 45, 54, 61, 68, 75 and 85 days after irrigation (DAI). The first larvae were found 10 DAI, while the peak of larval population occurred 31 DAI, regardless the cultivars. The cultivars BR-IRGA 414 and Bluebelle (early cycle), produced shoots up to 45 DAI, while the 'BR-IRGA 410' and 'Dawn' (medium cycle), up to 68 DAI. Therefore, the period of shooting that exceeded the date of occurrence of the populational peak of larvae, was 14 (early cycle) and 37 (medium cycle) days. The damage of *O. oryzae* in roots was simulated in the peak of larval population using a manual equipment. For the evaluation, samples of soil and roots were taken soon after the damage simulation in the booting phase, of each cultivar. The parameters dry weight, lenght, volume and total lenght of roots were determined. The damage caused by the simulation

equipment was similar to that induced by the larvae. The rates of recovery of the root system, after natural and artificial damages, were similar. Cultivars of medium cycle presented higher rates of root recovery and lower yield reduction, after the simulated and natural damages, when compared to the early cycle, suggesting tolerance to the attack of the insect. Losses of yield were positively associated with root damage and negatively with percentage of root recovery. The similarity in the levels of damage and roots recovering, obtained through the artificial and natural cuts, makes the possibility of using the technique of damage simulation in the identification of rice genotypes tolerant to *O. oryzae* thus, avoiding problems with distribution or low infestation of the pest, in field experiments.

1. INTRODUÇÃO

Oryzophagus oryzae é um dos insetos mais prejudiciais à cultura do arroz irrigado no Brasil (Ferreira & Martins, 1984; Oliveira, 1987; Camargo, 1991; Martins et al., 1995). O inseto, conhecido na fase adulta por gorgulho aquático, alimenta-se de folhas e oviposita nas partes submersas das plantas de arroz. As larvas (bicheira-da-raiz), ao alimentarem-se das raízes, afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas, apenas em condições de solo alagado (Martins & Ferreira, 1980).

No Estado do Rio Grande do Sul (RS), onde o arroz é predominantemente semeado em solo seco e a irrigação por inundação realizada aproximadamente 30 dias após, o inseto ocorria apenas em áreas localizadas da lavoura (Martins & Ferreira, 1980). Entretanto, nos últimos anos, a área infestada pela praga vem aumentando, sendo freqüente a ocorrência de larvas em quase toda a extensão dos arrozaís (Martins, 1990; Oliveira, 1993).

O inseto ocorre em aproximadamente 25% da área (cerca de 250.000 ha) de arroz cultivada no RS (Martins et al., 1988). Nas lavouras onde a população larval atinge níveis prejudiciais à cultura, as perdas anuais de produção são estimadas em 10 a 30% (Martins, 1990; Botton et al., 1996). No sistema de cultivo de arroz pré-germinado, utilizado principalmente no Estado de Santa Catarina (SC), devido ao alagamento antecipado da lavoura, o inseto, na fase adulta, pode causar danos sensíveis às plântulas, o qual somado ao das larvas, torna-o potencialmente mais

prejudicial (Lima, 1951). Em SC, as perdas na produção de grãos oscilam de 20 a 30% (Prando & Pegoraro, 1993).

Três aspectos têm sido apontados como causa da expansão de *O. oryzae* no RS. O primeiro, de carácter geral para o Estado, seria a substituição de cultivares tradicionais por modernas, a partir da década de 80, sendo estas desenvolvidas sem que aspectos de resistência genética ao inseto fossem considerados (Martins & Terres, 1995). O segundo aspecto seria o aumento da área cultivada em "lavouras de coxilha", principalmente na região da fronteira oeste do Estado. Tal tipo de lavoura, instalada em terreno inclinado, requer maior número e aproximação das taipas (pequenos camalhões) que servem para represar a água de irrigação, permitindo a inundação do arrozal. Por consequência, comportam em toda a sua extensão, grande quantidade de plantas desenvolvendo-se nos "leiveiros" (valetas paralelas às taipas, formadas com a retirada do solo para a construção das mesmas). Locais como estes, onde a água de irrigação é mais profunda, são mais favoráveis ao desenvolvimento do inseto (Martins, 1979). O terceiro aspecto da expansão da praga seria a não realização do tratamento de sementes com inseticidas organoclorados, após a proibição do uso desses produtos.

Práticas culturais tradicionais empregadas na cultura do arroz irrigado como limpeza dos canais de irrigação, eliminação de restos culturais e aplainamento do solo são reconhecidamente eficientes na redução da população de *O. oryzae* (Martins & Ferreira, 1980). Porém, muitas vezes, o uso de tais práticas não é suficiente para impedir a ocorrência de infestações a níveis economicamente prejudiciais à cultura. Nessas situações, o controle químico através de inseticidas aplicados no tratamento de sementes (Prando & Pegoraro, 1993; Carbonari et al., 1995; Martins et al., 1996b), em pulverização foliar, logo após a

inundação do arrozal (Cruz, 1992; Oliveira, 1994; Martins et al., 1996a) e com granulados distribuídos em cobertura na água de irrigação (Martins et al., 1977; Martins et al., 1993; Oliveira, 1994), são alternativas para controle do inseto.

O uso de inseticidas, contudo, acarreta aumentos dos custos de produção e dos riscos de contaminação ambiental. Nesse contexto, a utilização de cultivares resistentes a *O. oryzae*, é considerada uma das alternativas mais viáveis para reduzir os danos à cultura do arroz irrigado (Martins et al., 1993; Martins & Terres, 1995).

A obtenção de plantas resistentes a *O. oryzae* no Brasil é possível, visto os resultados promissores já obtidos com *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel, principalmente nos Estados Unidos da América (EUA) (Smith & Robinson, 1982). Os insetos do gênero *Lissorhoptrus* pertencem à mesma família de *O. oryzae* e provocam danos semelhantes nos arrozais dos EUA, Cuba, Japão, Coréia do Sul e do Norte (Smith et al., 1986; Meneses Carbonell, 1989 ; Nagata, 1990).

Em arroz, pode ser encontrada resistência a gorgulhos aquáticos dos tipos antixenose, antibiose e tolerância (Bowling, 1980; Martins & Terres, 1989). A tolerância constitui-se num dos principais tipos de resistência a *O. oryzae*, visto a grande capacidade de recuperação do sistema radicular de alguns genótipos, após o corte provocado pelas larvas.

A metodologia atualmente empregada para avaliar genótipos tolerantes a *O. oryzae* (Heinrichs et al., 1985; Martins & Terres, 1989) consiste da instalação de experimentos a campo, dependentes da ocorrência natural da praga onde é comparada a produção de grãos de parcelas protegidas e desprotegidas do ataque do inseto. A simulação do dano provocado pela bicheira-da-raiz, induzindo as

plantas a expressarem a capacidade de recuperação do sistema radicular cortado, seria uma alternativa para acelerar o processo de seleção de genótipos tolerantes, permitindo avaliar maior quantidade de materiais independente da ocorrência do inseto, além de evitar problemas com possíveis desuniformidades e escassez de infestações que podem ocorrer em experimentos a campo.

Na avaliação do efeito do dano simulado (artificial) a cultivares de arroz, é importante considerar a fase do ciclo de desenvolvimento das plantas, na qual a população natural de larvas causa maiores danos ao sistema radicular. Nesse sentido os genótipos de arroz podem diferir na capacidade de recuperação do sistema radicular danificado pelas larvas de *O. oryzae* (Martins & Terres, 1989). Existem evidências de que quanto menor o ciclo de desenvolvimento de um genótipo, menor é a capacidade de recuperação, isso porque grande parte do período de crescimento das plantas (fase de perfilhamento) coincide com a época em que a população larval é mais elevada. Portanto, quanto maior o período de perfilhamento de um genótipo após o decréscimo da população larval, maior seria a possibilidade de emissão de novas raízes.

Assim, este trabalho teve os seguintes objetivos: a) confrontar o período em que ocorre o aumento e decréscimo (flutuação) da população larval de *O. oryzae* com o período de perfilhamento de cultivares de arroz irrigado diferenciadas quanto à duração do ciclo de desenvolvimento, visando obter subsídios para o estudo da recuperação do sistema radicular e b) avaliar o efeito de um equipamento simulador do dano causado por larvas de *O. oryzae* a cultivares de arroz irrigado, diferenciadas quanto à duração do ciclo de desenvolvimento e grau de resistência, visando sua utilização na seleção de genótipos tolerantes ao inseto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos bioecológicos de gorgulhos aquáticos

As espécies de gorgulhos aquáticos que atacam a cultura do arroz irrigado pertencem à família Curculionidae e aos gêneros *Helodytes* Kuschel, 1952; *Lissorhoptrus* Leconte, 1876 e *Oryzophagus* Kuschel, 1952 (Kuschel, 1951, 1956; Camargo et al., 1990). São insetos pequenos; os adultos medem de 2,7 a 5,6 mm de comprimento e 1,5 a 2,6 mm de largura, sendo as fêmeas maiores que os machos. Na entressafra, período compreendido entre os meses de abril e outubro, no Sul do Brasil, os adultos permanecem em diapausa (hibernação), em restos culturais e diversas espécies de gramíneas nativas da região, principalmente na grama boiadeira (*Leersia hexandra*) e palhada de bambu (*Bambusa tuldoides*) (Pugliese, 1956; Camargo et al., 1990; Link & Costa, 1991; Mielitz et al., 1996).

Com a implantação de novo cultivo, os adultos invadem a lavoura principalmente através da água de irrigação ou vôo (Camargo, 1991). As primeiras lavouras de arroz, semeadas dentro do período normal de cultivo, são as mais infestadas, por receberem maior parte dos insetos que hibernaram (Martins, 1976).

Ao chegarem na lavoura, os adultos alimentam-se, inicialmente raspando folhas de arroz, o que ocasiona faixas longitudinais de aproximadamente 1,5 mm de largura e 1,5 a 3,0 cm de comprimento. Após acasalarem-se, ovipositam endofiticamente em partes submersas das bainhas

foliares. As larvas eclodem aproximadamente 7 dias após. Inicialmente alimentam-se do tecido vegetal próximo ao local da postura, migrando para as raízes a partir do segundo ínstar (Bowling, 1980). Passados aproximadamente 25 dias, as larvas constroem um pequeno casulo de barro, pupando no seu interior até a emergência dos adultos (cerca de 10 dias) (Martins & Ferreira, 1980).

O inseto apresenta no mínimo duas gerações durante o período de desenvolvimento da cultura. A primeira é considerada de maior importância, pois ao atacar plantas com o sistema radicular pouco desenvolvido, provoca danos mais severos. A segunda geração ocorre sobre plantas com raízes mais desenvolvidas, as quais suportam maior ataque do inseto (Pugliese, 1956).

No final do ciclo da cultura, os adultos entram em diapausa, caracterizada pela atrofia dos músculos de vôo e dos órgãos reprodutivos (Muda et al., 1981). A migração para os arrozais na nova safra, ocorre somente com a elevação da temperatura, fotofase e presença de lavouras inundadas (Camargo, 1991).

2.2. Sistema radicular do arroz

2.2.1. Desenvolvimento e distribuição

O sistema radicular das plantas é considerado um fator importante na produção, sendo responsável pela fixação (suporte mecânico), absorção, armazenamento e condução de água e nutrientes. No arroz, o sistema radicular inicia com a radícula que se desenvolve a partir do meristema apical do embrião, assim permanecendo por um curto período de tempo. Já o sistema radicular definitivo é

formado por raízes adventícias que são originadas dos nós do caule, abaixo do nível do solo (Russell, 1973).

O estudo do sistema radicular de culturas anuais tem aumentado nos últimos anos, porém, ainda existem poucas informações sobre o crescimento de raízes em comparação com o crescimento da parte aérea (Fageria, 1984). O principal fator limitante, nos estudos do desenvolvimento radicular das plantas, é a falta de metodologias adequadas e de fácil execução (Schurmann & Goedewagen, 1971; Böhm, 1979; Köpke, 1981), sendo as atuais trabalhosas e pouco precisas (Köpke, 1981).

As informações sobre a distribuição do sistema radicular do arroz irrigado são bastante reduzidas, principalmente pela dificuldade de coleta e separação das raízes e do tempo necessário à avaliação em laboratório.

Em arroz irrigado, a conformação do sistema radicular varia conforme o sistema de manejo da água (Turner & MacCauley, 1983). No sistema convencional de cultivo, predominante no Rio Grande do Sul, onde a irrigação definitiva ocorre aproximadamente 30 dias após a semeadura, as raízes inicialmente se aprofundam em busca da água disponível nas camadas inferiores do solo e após a irrigação desenvolvem-se mais superficialmente (Lopes et al., 1994).

O efeito de três sistemas de manejo de água (inundação contínua, inundação alternada e sem irrigação) sobre o sistema radicular de quatro cultivares, sendo uma de arroz irrigado (IR8), uma de sequeiro (Padma) e duas de várzea úmida (IR22 e BC6) foi avaliado por Das & Jat (1977). Diferenças significativas foram encontradas para o comprimento de raízes, sendo maior em 'IR22' e menor em 'Padma'. Para os diferentes sistemas de manejo de água, o comprimento de raízes foi maior na inundação contínua, menor em condições de sequeiro e intermediário na irrigação

alternada. Mesmo assim, os quatro genótipos apresentaram o mesmo padrão geral de distribuição das raízes e responderam de maneira semelhante aos três regimes de irrigação. Já Guimarães & Inforzato (1973), visando estudar o desenvolvimento do sistema radicular, realizaram comparações entre os sistemas de semeadura direta e de transplante com duas cultivares. Assim, no sistema de semeadura direta, a massa seca de raízes na camada de 0 a 5 cm foi de 45 e 52%, enquanto que no sistema de transplante, esses valores diminuíram para 38 e 44%, respectivamente, para as mesmas cultivares.

A distribuição do sistema radicular da cultivar BR-IRGA 409 no solo foi avaliado por Lopes et al. (1994) através da coleta de raízes em sete fases do ciclo de desenvolvimento da cultura. Os resultados evidenciaram um crescimento acentuado de raízes nas camadas superficiais do solo, após o início da irrigação.

Vários fatores determinam o crescimento e o desenvolvimento das raízes no solo, sendo a idade da planta considerado um dos principais (Wiersma, 1959). Em culturas anuais, o crescimento do sistema radicular dificilmente ocorre durante todo o ciclo de desenvolvimento. Trabalhos sobre o desenvolvimento do sistema radicular dos cereais, mostram que este se dá até a fase de floração (Menguel & Barber, 1974). Em arroz, estudos realizados por Barbosa Filho et al. (1982) evidenciaram que as raízes da cultivar BR-IRGA 409, em casa de vegetação e, em dois diferentes tipos de solos, cresceram até a fase de floração. O mesmo foi observado por Turner & MacCauley (1983), sendo que as raízes aumentaram com o perfilhamento e alcançaram o comprimento máximo na floração. Portanto, tecidos vegetais danificados por insetos somente seriam recuperados, até esta fase de desenvolvimento da planta de arroz.

2.2.2. Métodos de estudo

Os principais métodos de estudo do sistema radicular são: indireto, escavação, monolito, trado, perfil, parede de vidro e anel volumétrico (Böhm, 1979). Recentemente, novas técnicas que utilizam digitalização e processamento de imagens estão contribuindo de forma bastante eficiente, no estudo de desenvolvimento do sistema radicular (Pan & Bolton, 1991), sendo atualmente também usadas no Brasil (Crestana et al., 1994; Jorge et al., 1994).

As variáveis mais empregadas para expressar o crescimento e a distribuição das raízes são o número, peso, volume, superfície, diâmetro e comprimento. O peso é uma das variáveis mais utilizadas para caracterizar a massa total de raízes no solo e avaliar o crescimento em relação ao ambiente (Böhm, 1979).

O volume de raízes foi utilizado por Him Him (1980), para avaliar o dano causado pelas larvas de *O. oryzae* ao sistema radicular de plantas de arroz. As amostras (raízes) retiradas em quatro épocas após a irrigação definitiva da lavoura, foram lavadas e mergulhadas em 500 ml de água, contida em proveta graduada (1000 ml), verificando-se o volume deslocado pelas raízes em cada amostra.

A utilização de escalas visuais para avaliar o dano e recuperação do sistema radicular do arroz após o ataque de insetos, como variável para expressar a resistência do tipo tolerância, tem sido freqüente em trabalhos realizados com *L. oryzae* (N'Guessan et al., 1994a, 1994b) e *O. oryzae* (Martins & Terres, 1991; Bolton, 1994). N'Guessan & Quisenberry (1994) adotaram o procedimento adaptado de Gifford et al. (1973), que

consiste na retirada de três plantas por parcela, em diferentes épocas. A escala possui uma variação de 0 a 5, sendo o menor valor para raízes sem dano e o maior, para plantas com o sistema radicular completamente danificado e sem regeneração.

Para avaliar o dano provocado por larvas de *Diabrotica* spp. no sistema radicular de plantas de milho cultivado em diferentes sistemas de semeadura, foram utilizadas as variáveis peso seco de raiz e porcentagem de corte através de escala visual adaptada de Hills & Peters (1971) com variação de 1 a 9, onde o menor valor representa raízes sem corte e o maior, sistema radicular completamente danificado (Gray & Tollefson, 1987).

A redução do desenvolvimento do sistema radicular de *Brachiaria decumbens*, após infestação com adultos da cigarrinha *Zulia entreriana*, foi avaliada através do peso seco de raízes. Para tanto, as raízes foram separadas do solo, lavadas sobre peneira e posteriormente secas em estufa a 65 °C por 48 horas (Valério & Nakano, 1987). Do mesmo modo, Ridsdill Smith (1977) utilizou, entre outras variáveis, o peso seco de raízes para avaliar o consumo do sistema radicular de *Lolium perene* por larvas de terceiro instar do besouro *Sericesthis nigrolineata*.

Lopes et al. (1994) utilizaram o método do monolito (Böhm, 1979) para o estudo da distribuição do sistema radicular no perfil do solo, retirando uma porção de solo com raízes nas dimensões de 20 x 5 x 30 cm de largura, espessura e profundidade, respectivamente. Após a lavagem da amostra sobre peneiras, a medição das raízes foi realizada segundo o método descrito por Tennant (1975), que consiste em estimar indiretamente o comprimento total das raízes através do número de vezes que estas interceptam um quadrado reticulado.

2.3. Resistência de arroz a gorgulhos aquáticos

Trabalhos de resistência de arroz a gorgulhos aquáticos têm sido desenvolvidos principalmente nos EUA, através de programas de melhoramento genético, com objetivo de obter cultivares resistentes a *Lissorhoptrus oryzophilus* (Bowling, 1980). Embora diferenças significativas não tenham sido encontradas quanto à população larval de *L. oryzophilus*, em oito cultivares avaliadas, foram observadas variações na redução da produção de grãos entre parcelas protegidas e desprotegidas do ataque do inseto, evidenciando resistência do tipo tolerância (Bowling, 1963).

Smith & Robinson (1982), em trabalhos visando avaliar a resistência de arroz a *L. oryzophilus*, observaram que cultivares de origem filipina, foram significativamente menos infestadas que a cultivar suscetível Saturn, utilizada como testemunha. A resistência destas cultivares foi detectada pelo menor desenvolvimento larval e atribuída à presença de substâncias inibidoras de crescimento como causa da resistência.

A resistência a *L. oryzophilus* foi avaliada por Tsuzuki et al. (1984), em 150 genótipos de origem japonesa e de outros países. Os genótipos WC-1403, Motho e Riku-20 foram altamente tolerantes ao inseto. Entretanto, no Japão, nenhuma cultivar com alta resistência a *L. oryzophilus* foi lançada comercialmente (Nagata, 1990).

O grau de resistência de 50 linhagens de arroz a *L. oryzophilus* foi avaliada através da população larval, dano e recuperação do sistema radicular, altura de plantas e produção de grãos. Os genótipos AL 6029, LA 2218, TX 22041, URN 199 e URN 200 apresentaram elevados níveis de tolerância, através da comparação entre parcelas protegidas

(com inseticida) e desprotegidas do ataque do inseto, pela capacidade de recuperação do sistema radicular e elevada produção de grãos sob alta infestação larval. A antixenose foi expressa em duas cultivares, por apresentarem níveis moderados de infestação larval, significativamente menores que a testemunha suscetível (N'Guessan & Quisenberry, 1994). Variáveis semelhantes foram adotadas por N'Guessan et al. (1994a, 1994b) em trabalhos visando resistência de linhagens de arroz provenientes de cultura de tecido e de anteras a *L. oryophilus*, detectando-se resistência do tipo tolerância e antixenose em alguns genótipos.

No Brasil, a metodologia para avaliar genótipos de arroz quanto aos mecanismos de resistência a *Oryzophagus oryzae* é aquela proposta por Heinrichs et al. (1985) para *L. oryophilus*. A maior parte dos trabalhos, visando a resistência de arroz a *O. oryzae* são conduzidos a nível de campo, sob infestação natural do inseto (Him Him, 1980; Martins & Terres, 1989, 1991 e 1995; Botton, 1994).

A resistência de arroz a *O. oryzae* foi avaliada por Him Him (1980), através das variáveis número e tamanho de larvas, volume de raízes e produção de grãos de 16 genótipos, compostos por linhagens e cultivares comerciais. As cultivares Dawn, EEA 404 e RS 16-516-1-1-1T apresentaram menor população larval, enquanto BR-IRGA 409, BR-IRGA 410 e Formosa foram as mais atacadas pelo inseto. A época ideal para o levantamento da população larval, foi aos 30 dias após a irrigação definitiva da lavoura. Os demais parâmetros avaliados não se mostraram eficientes na discriminação de genótipos resistentes a *O. oryzae*.

Diferenças significativas foram constatadas em genótipos de arroz irrigado quanto ao número de folhas atacadas por adultos, número de larvas nas raízes, tamanho de larvas e redução na produção de grãos, em trabalho realizado visando a resistência a *O. oryzae* (Martins &

Terres, 1989). O grau de resistência a *O. oryzae* das principais cultivares de arroz irrigado utilizadas nas lavouras do RS foi determinado por Martins et al. (1993), sendo 'BR-IRGA 410' e 'BR-IRGA 413' consideradas resistentes e 'BR-IRGA 414', altamente suscetível.

A resistência de cultivares e linhagens de arroz a *O. oryzae* foi avaliada através das variáveis número de folhas lesionadas pelo inseto adulto, número e tamanho de larvas por amostra e percentual de redução na produção de grãos. A correlação entre o número de larvas por amostra e percentagem de redução na produção de grãos foi considerado o modo mais apropriado para as avaliações. Valores reduzidos para as variáveis número de larvas e redução de produção foram associados à antixenose para adultos e/ou antibiose para larvas, enquanto que a tolerância das plantas foi verificada através de baixos índices de redução de produção na presença de um elevado número de larvas. As cultivares BR-IRGA 413 e Dawn apresentaram resistência do tipo tolerância e antixenose/antibiase, respectivamente (Martins & Terres, 1995).

O comportamento de 60 genótipos de arroz em relação ao ataque de *O. oryzae*, foi avaliado por Botton (1994), através das variáveis número de larvas por amostra, tamanho de larvas e índice de recuperação do sistema radicular. Os genótipos CL 26-1-1-1, IRGA 234-21-5-6-1 e IRGA 304-6-1-A foram os que apresentaram maior recuperação do sistema radicular após o ataque das larvas. Ocorreu maior recuperação em raízes com maior diâmetro. O índice de crescimento larval não foi uma variável adequada para discriminar a resistência de genótipos de arroz ao inseto.

A resistência de arroz a gorgulhos aquáticos tem sido agrupada nas categorias de antixenose, antibiose e tolerância (Bowling, 1980; Martins & Terres, 1989), conforme definidas por Maxwell & Jennings (1980). A

antixenose e/ou antibiose estariam associadas a fatores físicos e químicos da planta de arroz, os quais reduziriam a oviposição do gorgulho e/ou provocariam a morte de larvas na fase inicial de crescimento. A tolerância manifesta-se pela recuperação do sistema radicular após o corte provocado pelas larvas. Em hipótese, este tipo de resistência é mais fácil de ser encontrado em genótipos de ciclo longo (> 135 dias), devido a maior duração da fase vegetativa, pois estes podem diferir na capacidade de recuperação do sistema radicular danificado pelas larvas de *O. oryzae* (Martins & Terres, 1989).

Apesar da prioridade em identificar genótipos precoces com reduzidos índices de infestação larval de *O. oryzae* (com antibiose e/ou antixenose) é importante também selecionar materiais que, independentemente da duração do ciclo biológico, manifestem resistência do tipo tolerância (Martins et al., 1993).

2.4. Simulação de danos de insetos à plantas de arroz

2.4.1. Simulação na parte aérea da planta

O dano artificial realizado em plantas, visando simular a alimentação de insetos, é um método de estudo que tem aumentado nos últimos anos, principalmente em culturas de ciclo anual, onde certas pragas desfolhadoras, freqüentemente causam danos severos. A maior parte dos estudos visando a simulação de danos em arroz estão relacionados a insetos mastigadores que atacam a parte aérea da planta (Bowling, 1978; Martins et al., 1982).

O tipo de simulação a ser realizado está diretamente relacionado com a forma de dano provocado pelo inseto. O dano artificial mais freqüentemente encontrado é

aquele realizado através da remoção parcial ou total da parte aérea da planta, visando simular a alimentação de insetos mastigadores (Martins et al., 1982; Costa & Guedes, 1993;).

Os níveis de danos adotados nos trabalhos de simulação estão estreitamente relacionados com a cultura e o inseto em estudo, principalmente com seu potencial de dano e níveis populacionais observados com maior frequência. Nesse sentido, Bowling (1978) adotou os níveis de 25 e 50% de remoção da área fotossintética, visando simular o dano de *Spodoptera frugiperda* em arroz. Martins et al. (1982), por outro lado, simularam o dano provocado por lagartas que atacam as folhas de arroz através da remoção de 20, 40, 60, 80 e 100% (1º experimento) e 25, 50, 75 e 95% (2º experimento) da área foliar.

A época de realização do dano é um fator relevante que deve ser considerado em experimentos de simulação, visto a capacidade de recuperação dos órgãos danificados, observados principalmente na fase vegetativa das plantas. De maneira geral, o dano é simulado na época em que a praga ocorre naturalmente em condições de campo (Rice et al., 1982). Assim, há insetos que danificam em apenas uma fase de desenvolvimento da cultura, sendo nestes casos necessária, uma única época de simulação (Meneses et al., 1981; Bakthavatsalan, 1991). Entretanto, há situações em que uma mesma espécie pode acarretar danos acima do nível de controle, em diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da cultura e desse modo, o estudo da simulação também deve ser conduzido em épocas diferenciadas (Taylor, 1972; Tripathi et al., 1973; Bowling, 1978; Martins et al., 1982).

Em trabalhos visando a simulação de danos de pragas, além dos aspectos já mencionados, a duração do ciclo de desenvolvimento da cultura e época de semeadura

devem ser considerados. Assim, a redução na produção de grãos foi maior em arroz semeado no mês de abril comparado ao semeado no mês de maio, em função de diferentes níveis e épocas de simulação de dano de *S. frugiperda* (Bowling, 1978). Já o efeito da duração do ciclo de desenvolvimento da cultura foi avaliado através do corte da parte aérea do arroz em três épocas (antes, durante e após o perfilhamento) e três cultivares de arroz diferenciadas quanto ao ciclo de desenvolvimento (curto, médio e longo). Maiores perdas de produção foram observadas nas cultivares de curta e média duração, com corte provocado antes e durante o perfilhamento (Taylor, 1972). Isto reforça a hipótese de que a capacidade de recuperação de órgãos danificados por insetos, é maior quando os danos são provocados na fase vegetativa da cultura principalmente em cultivares de ciclo longo (Martins & Terres, 1989).

2.4.2. Simulação no sistema radicular

Devido a metodologias trabalhosas e de baixa precisão atualmente existentes para avaliar o sistema radicular de plantas (Köpke, 1981), os estudos da simulação de dano de insetos que atacam o sistema radicular são bastante escassos.

Visando identificar cultivares tolerantes a *Diabrotica* sp., Fitzgerald et al. (1968) simularam o dano de larvas ao sistema radicular de milho. O dano foi provocado mecanicamente por uma lâmina pontiaguda introduzida verticalmente próximo a planta, permitindo a remoção de aproximadamente 25% do sistema radicular a cada introdução. Assim foram estabelecidos níveis de 0, 25, 50 e 75% de remoção de raízes, em três datas distintas. Os danos

provocados às raízes resultaram em reduções significativas na produção de grãos e número de espigas por planta.

Bosque (1986) simulou o dano de insetos que atacam o sistema radicular de milho, com objetivo de determinar uma metodologia rápida e eficiente para identificar fontes de resistência de genótipos atacados principalmente pelas espécies *Phyllophaga* sp. e *Diabrotica* sp. Para tanto, os danos foram simulados em diferentes cultivares por uma espátula de metal (medindo 10 cm de largura na parte mais larga e 10 cm de comprimento), introduzida no solo próximo às plantas (cerca de 2 cm). Os níveis de simulação de dano foram realizados através do número de introduções da espátula no solo e pelas diferentes fases de desenvolvimento da cultura, sendo o dano estimado com base no peso de raízes. Já o efeito dos danos simulados foram medidos através do período de floração, altura de plantas, número de plantas sobreviventes e produção de grãos. De acordo com o autor, a simulação que proporcionou danos mais similares ao ataque natural dos insetos, foram as plantas que receberam um corte aos 16, 21 e 26 dias após a semeadura, mostrando ser uma metodologia válida para avaliar germoplasmas tolerantes a insetos que danificam o sistema radicular.

Landis (1988), por outro lado, simulou o dano de *Diabrotica undecimpunctata hawaiiensis* em "seedlings" de milho através da remoção de diferentes partes da plântula (incluindo a radícula). As avaliações constaram da mortalidade ("stand") e altura de plantas, medidas três e seis semanas após os danos simulados e produção de grãos. Reduções significativas ocorreram nas plantas com dano simulado para todos os parâmetros avaliados.

Outra técnica visando simular o dano de larvas de *Diabrotica* sp., em milho, foi desenvolvida por Whitfield (1992). As raízes de plantas com 30 dias foram cortadas com

lâminas de tamanhos distintos (4, 6, 8, 10 e 12 cm de largura) as quais proporcionaram diferentes percentagens de reduções do sistema radicular. Os danos foram provocados semanalmente (por seis semanas), sendo que a cada corte amostras compostas por 12 plantas foram retiradas e suas raízes lavadas com água sob pressão. As avaliações foram realizadas através do número de raízes por nó, número de nós e de raízes cortadas ou intactas e redução de produção de grãos. Os resultados demonstraram que maiores reduções de produção foram ocasionadas pelo aumento do tamanho da lâmina e do número de cortes, sendo que em média a remoção de 25% do sistema radicular, reduziu em 10% a produção de grãos. A técnica mostrou-se eficiente em simular o dano de insetos que atacam o sistema radicular do milho (Whitfield, 1992).

Mukherji (1973) provocou o corte de raízes em plantas de arroz na época de transplante, deixando-as com 10 cm de comprimento. Reduções na altura e no perfilhamento de plantas, foram observadas nas plantas danificadas. Apesar do corte ter sido realizado sem objetivar a simulação de alimentação por insetos, ficou evidenciado que os danos ao sistema radicular do arroz prejudicaram o desenvolvimento normal das plantas.

Na literatura, um dos poucos trabalhos de simulação de dano provocado por inseto subterrâneo em arroz foi desenvolvido por Meneses et al. (1981). Os autores avaliaram o efeito da redução do sistema radicular no cultivo e na produção de arroz irrigado, através da simulação do dano provocado por larvas do gorgulho aquático *Lissorhoptrus brevirostris*. Foram utilizados os níveis de 15, 30, 45 e 60% de redução volumétrica do sistema radicular. Para tanto, plantas de arroz com 34 dias foram retiradas do solo, lavadas e suas raízes cortadas. Logo após, as mesmas foram transplantadas, sendo as avaliações

iniciadas no mesmo dia do transplante através da contagem do número de perfilhos e altura das plantas. Na colheita, foram avaliados os componentes de rendimento como número de panículas por planta, número de grãos por panícula, peso de grãos e porcentagem de grãos férteis. Após a colheita, o sistema radicular foi avaliado através do peso fresco e seco das raízes. A simulação do dano não influenciou a altura de plantas e alguns componentes de rendimento, porém, a redução de produção de grãos oscilou de aproximadamente 37 a 60%, dependendo da intensidade de corte.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A flutuação populacional e a simulação de dano de larvas de *Oryzophagus oryzae* (Costa lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) a cultivares de arroz irrigado, foram avaliadas em três experimentos (1994, 1995 e 1996) conduzidos em condições de campo, na Estação Experimental de Terras Baixas do Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CPACT) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - no município de Pelotas, RS (31° 52'S, 52° 21' WGR).

3.1. Cultivares utilizadas

Nos dois primeiros experimentos (1994 e 1995), sobre flutuação populacional e simulação do dano de larvas de *O. oryzae*, foram comparadas quatro cultivares de arroz, duas de ciclo curto [duração até 120 dias (Bluebelle e BR-IRGA 414, moderadamente resistente e suscetível ao inseto, respectivamente)] e duas de ciclo médio [duração de 121 a 135 dias (BR-IRGA 410 e Dawn, alta e moderadamente resistentes ao inseto, respectivamente)] (Martins et al., 1993). No terceiro experimento (1996), instalado somente para avaliar o efeito do simulador de dano, foram utilizadas apenas as cultivares BR-IRGA 414 e BR-IRGA 410.

3.2. Delineamento experimental

O primeiro e segundo experimentos (1994 e 1995) foram instalados no delineamento de blocos em faixas (A, B e C) com seis repetições, enquanto que o terceiro (1996) em blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas experimentais para os três experimentos consistiram de 8 fileiras de plantas com 5 m de comprimento, espaçadas 0,25 m e semeadas na densidade de 100 sementes viáveis por metro linear. A irrigação por inundação foi realizada 25 dias após a emergência das plântulas. Dez dias após a irrigação por inundação (DAI), no primeiro e segundo experimentos, o inseticida carbofuran (Furadan 50 G) foi aplicado nas faixas A e B, na dosagem de 750 g/ha, visando o controle de larvas. No terceiro experimento os blocos foram duplicados de forma a proporcionar parcelas protegidas (Furadan 50 G) e desprotegidas do ataque do inseto.

3.3. Flutuação populacional e período de perfilhamento

Aos 10 DAI, ocasião da constatação das primeiras larvas nos experimentos (faixa C, sem inseticida) e aos 16, 23, 31, 38, 45, 54, 61, 68, 75 e 85 DAI, foi registrado o número destas nas raízes, através da técnica de amostragem adaptada de Tugwell & Stephen (1981). Para isso, semanalmente, foram retiradas em cada parcela quatro amostras de solo e raízes usando amostrador (secção de cano de PVC) com 10 cm de diâmetro aprofundado aproximadamente 8,5 cm no solo, ao redor da base das plantas. As amostras foram agitadas sob água, em peneira com fundo de tela de náilon (malha de 1 mm² de diâmetro), para liberar as larvas das raízes e do solo. Nas mesmas datas de contagem de larvas, foi registrado o número de perfilhos, em espaço de

1 m, demarcado com estacas na segunda fileira de plantas das parcelas. O registro do número de larvas e de perfilhos foi realizado até o término do perfilhamento.

3.4. Simulação de dano

3.4.1. Equipamento simulador

O equipamento utilizado na simulação de dano (Figura 1) foi desenvolvido na EMBRAPA/CPACT, sendo formado pelos seguintes componentes: a) uma lâmina de metal em forma de "U", com 6 cm de largura, para corte das raízes. A altura é regulável de forma a proporcionar diferentes níveis de corte; b) duas plataformas de madeira, paralelas, recurvadas na extremidade anterior, para facilitar o deslizamento sobre o solo, fixar a lâmina e manter constante a profundidade de corte e c) dois braços de madeira para tração manual, fixos às plataformas.

3.4.2. Procedimentos de simulação

O efeito da simulação de dano foi avaliado através de três tratamentos distribuídos em faixas na seguinte ordem: com corte simulado (faixa A), sem corte simulado (faixa B) e com corte natural provocado pelas larvas às raízes (faixa C).

Quando a população larval da faixa C (sem inseticida) atingiu o pico (aproximadamente aos 30 dias após a irrigação), as raízes das plantas da faixa A foram cortadas à profundidade de 8 cm, através do equipamento simulador de dano descrito anteriormente. Para tanto, o equipamento foi conduzido sobre a fileira de plantas,

Figura 1. Equipamento utilizado para simulação de dano causado por larvas de *Oryzophagus oryzae* a cultivos de arroz irrigado. Pelotas, RS.

provocando o corte das raízes (Figura 2).

Imediatamente após o corte, nas parcelas da faixa A, foram retiradas duas amostras de solo e raízes numa secção de 50 cm de comprimento, com 6 cm de largura e 8 cm de profundidade, conforme as dimensões da lâmina de corte do simulador (Figura 2). Nas parcelas das faixas B e C (sem corte), as amostras foram de 20 x 25 x 50 cm de largura, profundidade e comprimento, respectivamente. Para separação das raízes do solo, as amostras foram lavadas em peneira com malha de 2 mm² de diâmetro, visando evitar perdas de material. A avaliação foi realizada através da medida do comprimento e do peso seco de raízes. Para obtenção do comprimento, cada amostra foi dividida em três sub-amostras iguais, onde as raízes foram medidas da base da planta e a extremidade. O peso seco das raízes foi obtido após secagem em estufa à temperatura máxima de 60 °C, por um período de 48 horas. A recuperação do sistema radicular de cada cultivar após o corte, foi avaliada na época do início de emissão de panículas ("emborrachamento"), através da retirada de amostras de solo e raízes de 20 x 25 x 50 cm em todas as faixas, as quais foram medidas e pesadas, conforme procedimento descrito anteriormente.

A produção de grãos foi obtida pela colheita em área de 6 m², após a eliminação das duas fileiras laterais e 50 cm das extremidades das parcelas.

terceiro experimento teve como finalidade comparar as variáveis comprimento e peso seco de raízes com volume e comprimento total das mesmas obtidos pelo método de Tennant (1975). Para tanto o procedimento de simulação de dano, foi semelhante ao descrito anteriormente com as seguintes modificações: em cada parcela, além do tipo de amostras retiradas nos experimentos anteriores, foram obtidas mais duas nas dimensões de 20 x 20 x 5 cm de

Figura 2. Amostra de solo e raízes removida após o corte realizado pelo equipamento simulador de dano de *Oryzophagus oryzae* a cultivares de arroz irrigado. Pelotas, RS.

largura, profundidade e comprimento, respectivamente. Essas amostras foram retiradas com a finalidade de avaliar o volume e o comprimento total de raízes através do método descrito por Tennant (1975), que baseia-se no número de vezes que as raízes interceptam um quadrado reticulado, estimando indiretamente o comprimento total do sistema radicular, através da seguinte fórmula: $C = 11/14 \times NI \times F$, sendo "C" o comprimento de raízes dado em cm; "NI" número de intercepções (horizontais e verticais) e "F" o fator de correção, variando conforme o tamanho das quadrículas.

3.5. Análise estatística

O número de larvas por amostra, comprimento, volume, peso seco e comprimento total de raízes e produção de grãos, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Análises de regressão foram realizadas para a diferença de peso seco, comprimento e recuperação do sistema radicular com produção de grãos, enquanto que para os danos natural e simulado, estabeleceram-se correlações lineares, cujas significâncias foram determinadas pelo teste t ($P \leq 0,01$).

O número de perfilhos por metro linear (P), foi ajustado pela equação $P = a + b_1D_1 + b_2D_2$, conforme definida por Draper & Smith (1981), para ajuste de séries temporais com duas tendências e data de intersecção conhecida. Nesta equação, "a" representa o ponto de intersecção das duas retas e "b₁" e "b₂", as estimativas dos coeficientes de regressão da primeira e segunda reta, respectivamente, enquanto as variáveis "D₁" e "D₂" são definidas como: $D_1 = D - PI$ se $D < PI$ e $D_1 = 0$ se $D > PI$; $D_2 = D - PI$ se $D > PI$ e $D_2 = 0$ se $D < PI$, sendo "D" o número de dias após o início da contagem de perfilhos ($10 \leq D \leq 85$) e "PI" a data em que

ocorre a intersecção das duas retas (aos 45 e 68 DAI, para as cultivares de curto e médio, respectivamente). O número de larvas por amostra foi ajustado em uma equação polinomial.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Flutuação populacional e período de perfilhamento

Nos dois anos de avaliação, a flutuação populacional de larvas de *Oryzophagus oryzae* foi similar em todas as cultivares, independente da duração do ciclo de desenvolvimento. As primeiras larvas foram constatadas aos 10 DAI. O pico da população larval ocorreu aos 31 DAI, decrescendo até o último levantamento realizado aos 85 DAI (Figuras 3, 4, 5 e 6).

De acordo com a equação de Drape & Smith (1981), o final da fase vegetativa de cada cultivar [determinada pela data de intersecção (PI) das duas retas representativas da evolução do perfilhamento], ocorreu aos 45 DAI, nas de ciclo curto 'BR-IRGA 414' e 'Bluebelle' (Figuras 3 e 4) e aos 68 DAI nas de ciclo médio 'BR-IRGA 410' e 'Dawn' (Figuras 5 e 6).

As cultivares de ciclo médio permaneceram na fase vegetativa (perfilhando) 23 dias a mais que as de ciclo curto. Assim, como o pico da população larval foi constatado aos 31 DAI em todas as cultivares, independente da duração do ciclo de desenvolvimento, as de ciclo curto e médio, perfilharam além desta data, 14 e 37 dias, respectivamente.

Figura 3. Flutuação populacional (nº de larvas/amostra) de *Oryzophagus oryzae* e período de perfilhamento (nº de perfilhos/m linear) da cultivar de arroz BR-IRGA 414, em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.

Figura 4. Flutuação populacional (nº de larvas/amostra) de *Oryzophagus oryzae* e período de perfilhamento (nº de perfilhos/m linear) da cultivar de arroz Bluebelle, em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.

Figura 5. Flutuação populacional (n° de larvas/amostra) de *Oryzophagus oryzae* e período de perfilhamento (n° de perfilhos/m linear) da cultivar de arroz BR-IRGA 410, em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.

Figura 6. Flutuação populacional (nº de larvas/amostra) de *Oryzophagus oryzae* e período de perfilhamento (nº de perfilhos/m linear) da cultivar de arroz Dawn, em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.

A primeira constatação de larvas ocorreu aos 10 DAI, em época semelhante à observada por Bertels & Martins (1974), Martins (1976), Schimitt & Miura (1981) e Martins et al. (1995), aos 6, 10, 13 e 10 DAI, respectivamente. Tal resultado confirma que o início da infestação larval de *O. oryzae* está relacionado à entrada de água na lavoura, visto o inseto ovipositar somente em partes submersas da planta de arroz (Martins & Ferreira, 1980).

O pico populacional, aos 31 DAI, está de acordo com os resultados obtidos por Martins et al. (1995) aos 35 DAI. Contudo ocorreu cerca de 15 dias (45 e 47 DAI) antes da data observada por Martins (1976) e Schimitt & Miura (1981), e 6 dias após o obtido por Souza & Reis (1990) aos 25 DAI. A data do pico populacional de larvas observada por Souza & Reis (1990), pode não ser representativa, uma vez que após esta, somente aos 56 DAI foi realizada outra contagem, podendo o mesmo ter ocorrido neste intervalo. Como em todos os trabalhos a primeira constatação de larvas ocorreu em épocas semelhantes, a diferença do pico populacional para os demais experimentos, além da influência de fatores ambientais, pode estar associada a diferenças na suscetibilidade das cultivares envolvidas ao inseto.

A similaridade dos resultados obtidos nas quatro cultivares avaliadas (pico populacional aos 31 DAI), confirma a hipótese de que a flutuação da população larval independe do ciclo de desenvolvimento do genótipo cultivado, mas principalmente da época de entrada de água na lavoura. Deste modo, quanto mais longo o ciclo de desenvolvimento de uma cultivar, maior o potencial de recuperação do sistema radicular danificado, através do crescimento ou emissão de novas raízes, visto permanecerem perfilhando por maior período de tempo após o pico da população larval.

4.2. Simulação de dano

4.2.1. Primeira Avaliação

Nos três experimentos (Tabelas 1, 2, 3 e 4), a percentagem de redução do sistema radicular proporcionado pelo equipamento simulador de dano foi similar em todas as cultivares, para as diferentes variáveis avaliadas.

No segundo e terceiro experimentos (1995 e 1996), onde a percentagem de corte realizada pelas larvas de *O. oryzae* (dano natural) também foi avaliada, não foram observadas diferenças significativas entre os danos natural e simulado. Isso indica que para níveis de infestação entre 15 e 23 larvas por amostra (Tabelas 1, 2, 3 e 4), o nível de corte proporcionado pelo simulador (8 cm) mostrou-se adequado. Tais resultados indicam que a melhor época para simular o dano e compara-lo com o natural é aquela em que ocorre o pico da população larval, quando o dano às raízes é máximo (Him Him, 1980).

Em caso de infestações desuniformes, poderiam ser observadas diferenças significativas entre o dano natural provocado pelas larvas e o dano simulado, visto que o simulador produz um corte uniforme. Problemas de desuniformidade ou escassez de infestações, ocorrem com maior frequência em áreas experimentais novas ou plantios tardios, considerando que as primeiras lavouras implantadas dentro do período recomendado para a semeadura, são as mais atacadas pelo inseto (Martins, 1976). Nestes casos, o simulador evitaria tais problemas, através do corte uniforme, permitindo melhor avaliação de genótipos tolerantes ao inseto.

As diferentes variáveis utilizadas para avaliar os danos natural e artificial, mostraram-se igualmente eficientes, visto a similaridade dos resultados de

percentagem de corte encontrada entre os danos provocados pelas larvas e pelo simulador. No terceiro experimento (1996) as variáveis volume (Tabela 3) e comprimento total (Tabela 4) de raízes, obtidas pelo método de Tennant (1975), amplamente utilizado em trabalhos de estudo de desenvolvimento do sistema radicular (Köpke, 1981; Lopes, 1994), proporcionaram percentagem de corte, semelhantes aos de peso seco e comprimento de raízes nos demais experimentos (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Larvas por amostra (Nº), peso seco de raízes (g/amostra) e nível de corte (%), após os danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae* em cultivares de arroz irrigado. Primeira avaliação. Pelotas, RS.

CULTIVARES	LARVAS	PESO SECO			CORTE	
		DANO NATURAL	DANO SIMULADO	SEM DANO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO
1994						
BR-IRGA 414	12,2 a	-	10,2 aB	18,8 aA	-	45,7 a
BLUEBELLE	10,5 a	-	7,8 aB	12,6 aA	-	38,1 a
BR-IRGA 410	13,0 a	-	8,2 aB	14,4 aA	-	43,1 a
DAWN	9,9 a	-	8,0 aB	14,8 aA	-	45,9 a
1995						
BR-IRGA 414	20,6 a	10,9 aB	10,7 aB	20,8 aA	47,6 aA	48,6 aA
BLUEBELLE	17,8 a	8,5 aB	7,7 aB	14,5 aA	41,4 aA	46,9 aA
BR-IRGA 410	23,1 a	13,4 aB	11,2 aB	23,1 aA	42,0 aA	51,5 aA
DAWN	14,9 a	9,5 aB	8,6 aB	17,4 aA	45,4 aA	50,6 aA
1996						
BR-IRGA 414	19,3 a	11,2 aB	9,8 aB	18,4 aA	39,1 aA	46,7 aA
BR-IRGA 410	16,8 a	10,0 aB	8,6 aB	16,0 aA	37,5 aA	46,3 aA

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha), diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabela 2. Larvas por amostra (N°), comprimento de raízes (cm) e nível de corte (%), após os danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae* em cultivares de arroz irrigado. Primeira avaliação. Pelotas, RS.

CULTIVARES	LARVAS	COMPRIMENTO			CORTE	
		DANO NATURAL	DANO SIMULADO	SEM DANO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO
1994						
BR-IRGA 414	12,2 a	-	8,5 aB	16,5 aA	-	48,5 a
BLUEBELLE	10,5 a	-	8,7 aB	16,1 aA	-	46,0 a
BR-IRGA 410	13,0 a	-	9,0 aB	16,1 aA	-	44,1 a
DAWN	9,9 a	-	9,0 aB	16,2 aA	-	44,4 a
1995						
BR-IRGA 414	20,6 a	10,9 aB	9,6 aB	17,0 aA	35,9 aA	43,5 aA
BLUEBELLE	17,8 a	11,7 aB	9,3 aB	19,7 aA	40,6 aA	52,8 aA
BR-IRGA 410	23,1 a	10,1 aB	9,8 aB	16,5 aA	38,8 aA	40,6 aA
DAWN	14,9 a	10,7 aB	9,3 aB	16,0 aA	33,1 aA	41,9 aA
1996						
BR-IRGA 414	19,3 a	7,6 aB	7,2 aB	13,2 aA	42,4 aA	45,5 aA
BR-IRGA 410	16,8 a	7,7 aB	7,1 aB	12,3 aA	37,4 aA	42,3 aA

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha), diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabela 3. Larvas por amostra (N°), volume de raízes (cm³/amostra) e nível de corte (%), após os danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae* em cultivares de arroz irrigado. Primeira avaliação. Pelotas, RS, 1996.

CULTIVARES	LARVAS	VOLUME ¹			CORTE	
		DANO NATURAL	DANO SIMULADO	SEM DANO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO
BR-IRGA 414	19,3 a	9,3 aB	7,8 aB	15,5 aA	40,0 aA	49,7 aA
BR-IRGA 410	16,8 a	8,8 aB	8,0 aB	14,4 aA	38,9 aA	44,4 aA

¹ Obtido pelo método de Tennant (1975).

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha), diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabela 4. Larvas por amostra (N°), comprimento total de raízes (m/amostra) e nível de corte (%), após os danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae* em cultivares de arroz irrigado. Primeira avaliação. Pelotas, RS, 1996.

CULTIVARES	LARVAS	COMPRIMENTO TOTAL ¹			CORTE	
		DANO NATURAL	DANO SIMULADO	SEM DANO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO
BR-IRGA 414	19,3 a	64,9 aB	55,1 aB	121,8 aA	46,7 aA	54,8 aA
BR-IRGA 410	16,8 a	73,3 aB	54,2 aB	127,3 aA	42,4 aA	57,4 aA

¹ Obtido pelo método de Tennant (1975).

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha), diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

4.2.2. Segunda avaliação

Na segunda avaliação, realizada na fase inicial de emissão das panículas ("emborrachamento"), foi comparado o nível de recuperação do sistema radicular das diferentes cultivares submetidas aos cortes natural e artificial de raízes. O grau de regeneração do tecido radicular danificado, avaliado através da diferença percentual final dos valores das variáveis registradas nas parcelas com e sem dano natural e simulado, e da percentagem de recuperação de raízes, indicam novamente a possibilidade de uso da técnica de simulação de dano de larvas de *O. oryzae* (Tabelas 5, 6, 7 e 8). Isto pode ser confirmado pela correlação significativa entre as variáveis obtidas com os danos natural e simulado (Tabela 9).

Nos três experimentos, é possível observar em relação a todas as variáveis avaliadas (Tabelas 5, 6, 7 e 8), que a diferença final de raízes danificadas natural ou artificialmente, foi maior nas cultivares de ciclo curto (BR-IRGA 414 e Bluebelle), do que nas de ciclo médio (BR-IRGA 410 e Dawn). O contrário foi verificado quanto à recuperação do sistema radicular, obtida entre a diferença inicial (percentagem de corte) e a diferença final do sistema radicular.

Os resultados sugerem que as cultivares de ciclo médio, com período de desenvolvimento vegetativo (perfilhamento) mais longo após a época em que o dano às raízes é máximo (Figuras 5 e 6), apresentam maior capacidade de regeneração do tecido danificado, quando comparado com as de ciclo curto (Figuras 3 e 4).

Tabela 5. Peso seco de raízes (g/amostra), diferença (%) e recuperação (%) do sistema radicular, na fase de pré-emissão de panículas ("emborrachamento") em cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae*. Segunda avaliação. Pelotas, RS.

CULTIVARES	PESO SECO			DIFERENÇA ¹		RECUPERAÇÃO ²	
	DANO NATURAL	DANO SIMULADO	SEM DANO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO
1994							
BR-IRGA 414	18,1aAB	17,3 aB	24,4 aA	25,8 aA	29,1 aA	-	16,6 a
BLUEBELLE	15,9 aA	15,7 aA	19,3 aA	17,6 aA	18,7 aA	-	19,4 a
BR-IRGA 410	24,8 aA	25,6 aA	27,4 aA	9,5 bA	6,6 bA	-	36,5 b
DAWN	20,6 aA	20,2 aA	23,9 aA	13,8 ^a bA	15,5abA	-	30,4 b
1995							
BR-IRGA 414	19,0 aB	19,5abB	28,5 aA	33,3 aA	31,6 aA	14,3 aA	17,0 aA
BLUEBELLE	14,8 aB	13,8 cB	19,2 cA	22,9 aA	28,1 aA	18,5 aA	18,8 aA
BR-IRGA 410	21,7 aB	21,4aAB	25,6 bA	15,2 bA	16,4 bA	26,8 bB	35,1 bA
DAWN	17,4aAB	17,1 bB	20,2 cA	13,9 bA	15,3 bA	31,5 bA	35,3 bA
1996							
BR-IRGA414	16,6aAB	15,6 aB	20,4 aA	18,6 aA	23,5 aA	20,5 aA	23,2 aA
BR-IRGA410	16,0 aA	15,8 aA	18,2 aA	12,1 bA	13,2 bA	25,4 bA	33,1 bA

¹Em relação às parcelas sem dano.

²Diferença inicial (% de corte) menos diferença final (2ª avaliação).

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha), diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabela 6. Comprimento de raízes (cm), diferença (%) e recuperação (%) do sistema radicular, na fase de pré-emissão de panículas ("emborrachamento") em cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae*. Segunda avaliação. Pelotas, RS.

CULTIVARES	COMPRIMENTO			DIFERENÇA ¹		RECUPERAÇÃO ²	
	DANO NATURAL	DANO SIMULADO	SEM DANO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO
1994							
BR-IRGA 414	15,6abB	14,4abB	17,4 aA	10,3 aA	17,2 aA	-	31,3 a
BLUEBELLE	17,3aAB	16,1 aB	19,3 aA	10,4 aA	16,6 aA	-	29,4 a
BR-IRGA 410	16,7 aA	16,2 aA	17,7 aA	5,6 bA	8,5 bA	-	35,6 a
DAWN	14,0 bA	13,0 bA	14,8 bA	5,4 bA	12,2 bB	-	32,2 a
1995							
BR-IRGA 414	14,5aAB	13,2 aB	17,7 aA	18,1 aA	25,4 aA	17,8 aA	18,1 aA
BLUEBELLE	16,5aAB	15,0 aB	21,2 aA	22,2 aA	29,2 aA	18,4 aA	23,6 aA
BR-IRGA 410	16,8 aA	15,6 aA	17,8 aA	5,6 bB	12,4 bA	33,2 bA	28,2 bA
DAWN	16,0 bA	15,0 aA	17,5 aA	8,6 bB	14,3 bA	24,5 bA	27,6 bA
1996							
BR-IRGA414	10,7 aB	10,8 aB	14,5 aA	26,2 aA	25,5 aA	16,2 aA	20,0 aA
BR-IRGA410	13,3bAB	12,8 aB	15,0 aA	11,3 bA	14,7 bA	26,1 bA	27,6 bA

¹Em relação às parcelas sem dano.

²Diferença inicial (% de corte) menos diferença final (2ª avaliação).

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha), diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabela 7. Volume de raiz (cm³/amostra), diferença (%) e recuperação (%) do sistema radicular, na fase de pré-emissão de panículas ("emborrachamento") em cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae*. Segunda avaliação. Pelotas, RS, 1996.

CULTIVARES	VOLUME ¹			DIFERENÇA ²		RECUPERAÇÃO ³	
	DANO NATURAL	DANO SIMULADO	SEM DANO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO
BR-IRGA414	16,0aAB	14,5 aB	19,7 aA	18,8 aA	26,4 aA	21,2 aA	23,3 aA
BR-IRGA410	17,1 aA	16,7 aA	19,1 aA	10,5 bA	12,6 bA	28,4 bA	31,8 bA

¹ Obtido pelo método de Tennant (1975).

² Em relação às parcelas sem dano.

³ Diferença inicial (% de corte) menos diferença final (2ª avaliação).

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha), diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabela 8. Comprimento total de raízes (m/amostra), diferença (%) e recuperação (%) do sistema radicular, na fase de pré-emissão de panículas ("emborrachamento") em cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae*. Segunda avaliação. Pelotas, RS, 1996.

CULTIVARES	COMPRIMENTO TOTAL ¹			DIFERENÇA ²		RECUPERAÇÃO ³	
	DANO NATURAL	DANO SIMULADO	SEM DANO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO
BR-IRGA414	90,7 aB	88,0 aB	129,7 aA	30,1 aA	32,2 aA	16,6 aA	22,6 aA
BR-IRGA410	121,8bA	117,2bA	136,6 aA	10,8 bA	14,2 bA	31,6 bA	43,2 bA

¹ Obtido pelo método de Tennant (1975).

² Em relação às parcelas sem dano.

³ Diferença inicial (% de corte) menos diferença final (2ª avaliação).

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha), diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabela 9. Coeficientes de correlação linear (r) para combinações de variáveis em cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae*. Pelotas, RS.

COMBINAÇÕES ¹	N ²	r
DPSN x DPSS	10	0,956**
DCMN x DCMS	10	0,984**
RPSN x RPSS	6	0,956**
RCMN x RCMS	6	0,805**
RPN x RPS	8	0,846**

¹ Diferença do peso seco de raízes natural (DPSN) e simulado (DPSS); diferença do comprimento de raízes natural (DCMN) e simulado (DCMS); recuperação do peso seco natural (RPSN) e simulado (RPSS); recuperação do comprimento de raízes natural (RCMN) e simulado (RCMS) e redução na produção de grãos provocados pelo dano natural (RPN) e simulado (RPS).

² Número de combinações entre variáveis.

** Significativo pelo teste t ($P \leq 0,01$).

Os valores de redução da produção de grãos (Tabela 10) devido aos danos simulado e natural foram positivamente correlacionados (Tabela 9). A similaridade na redução de produção, observada após os danos simulado e natural do inseto, também revela que a reação da planta foi semelhante, independente do tipo de dano ocasionado ao sistema radicular. Ademais, diferenças significativas de perdas de produção foram observadas entre as cultivares de ciclo curto e médio, sendo maior nas primeiras. Isto confirma resultados obtidos por Martins et al. (1993) e Martins & Terres (1995), onde as cultivares BR-IRGA 410 e Dawn são consideradas resistente e altamente resistente, respectivamente ao ataque de *O. oryzae*, pela capacidade de recuperação do sistema radicular, caracterizando resistência do tipo tolerância. Já as cultivares BR-IRGA 414 e Bluebelle (de ciclo precoce), que apresentaram maiores índices de perdas de produção sob a mesma intensidade de dano (natural ou artificial), confirmaram suas classificações quanto ao grau de resistência, suscetível e moderadamente resistente ao inseto, respectivamente (Martins et al., 1993; Martins & Terres, 1995).

As análises de regressão (Figuras 7 e 8) evidenciam que quanto maior a percentagem de redução do peso seco e do comprimento de raízes, provocada pelo simulador ou pelas larvas, maiores são as perdas de produção de grãos. Por outro lado, aumentos na percentagem de recuperação das raízes expressas pelo peso seco (Figura 9) e comprimento (Figura 10) do sistema radicular reduziram as perdas de produção de grãos.

Tabela 10. Produção de grãos (g/parcela) e redução de produção (%) em cultivares de arroz irrigado submetidas aos danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae*. Pelotas, RS.

CULTIVARES	PRODUÇÃO ¹			REDUÇÃO (%) ²	
	DANO NATURAL	DANO SIMULADO	SEM DANO	DANO NATURAL	DANO SIMULADO
1994					
BR-IRGA 414	3187 a B	3280 bAB	3590 abA	11,2 a A	8,6 a A
BLUEBELLE	2686 abB	2810 bAB	3113 b A	13,7 a A	9,7 a A
BR-IRGA 410	3652 a A	3733 a A	3937 a A	7,2 b A	5,2 b A
DAWN	2180 b A	2185 c A	2321 c A	6,1 b A	5,9 b A
1995					
BR-IRGA 414	2839 b B	2599 b B	3422 a A	17,0 a A	24,0 a A
BLUEBELLE	2276 c B	2206 c B	2675 b A	14,9 a A	17,5 a A
BR-IRGA 410	3404 aAB	3292 a B	3661 a A	7,0 b A	10,1 abA
DAWN	2417 c A	2381 bcA	2640 b A	8,5 b A	9,8 b A

¹Em relação às parcelas sem dano.

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha), diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

1994

1995

Figura 7. Redução do peso seco de raízes (%) e da produção de grãos (%) em diferentes cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae*, em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.

1994

1995

Figura 8. Redução do comprimento de raízes (%) e da produção de grãos(%) em diferentes cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos natural e simulado de larvas de *Oryzophagus oryzae*, em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.

1994

1995

Figura 9. Recuperação do sistema radicular [peso seco(%)] e redução de produção de grãos (%) em diferentes cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos simulado (1994) e natural e simulado (1995) de larvas de *Oryzophagus oryzae*, em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.

1994

1995

Figura 10. Recuperação do sistema radicular [comprimento (%)] e redução de produção de grãos (%) em diferentes cultivares de arroz irrigado, submetidas aos danos simulado (1994) e natural e simulado (1995) de larvas de *Oryzophagus oryzae*, em dois anos de avaliação. Pelotas, RS.

Índices mais elevados na redução de produção de grãos foram observados no segundo experimento (1995), principalmente nas cultivares de ciclo curto (Tabela 10), ocasionadas provavelmente devido às maiores diferenças ocorridas (em relação às parcelas sem dano) no peso seco e comprimento de raízes, após a recuperação do sistema radicular (Tabelas 5 e 6). Esta atribuição é a mais provável, já que a percentagem de corte foi bastante similar para o primeiro e segundo experimentos (1994 e 1995), mesmo tendo ocorrido menor índice de infestação larval no primeiro (1994).

Apesar da não constatação de diferenças significativas do número de larvas por amostra nas cultivares avaliadas, a 'Dawn', nos dois experimentos (1994 e 1995), apresentou uma tendência de ser menos infestada por *O. oryzae* em relação às demais (Tabelas 1 e 2). Comportamento semelhante foi obtido em avaliações anteriores (Him Him, 1980; Botton, 1994; Martins & Terres, 1995), sendo que esta cultivar é reconhecida como fonte de resistência a *Lissorhoptrus oryzophilus* (Smith & Robinson, 1982; Heinrichs et al., 1985). Além da baixa infestação larval, indicativo de resistência do tipo antibiose ou antixenose, a 'Dawn' apresentou elevados índices de recuperação do sistema radicular (Tabelas 5 e 6) e baixos de redução na produção de grãos (Tabela 10), sugerindo também um comportamento de tolerância.

A 'BR-IRGA 410', apesar de apresentar tendência de maior infestação larval (Tabelas 1 e 2), sofreu reduzidas perdas de produção de grãos (Tabela 10), o que sugere sua tolerância ao ataque de *O. oryzae*. Porém, as duas cultivares de ciclo curto (BR-IRGA 414 e Bluebelle), podem ser consideradas suscetíveis e moderadamente resistente, respectivamente, porque mesmo com baixas infestações (Tabelas 1 e 2) apresentaram elevados índices

de redução na produção de grãos (Tabela 10), concordando com resultados obtidos por Martins & Terres (1995).

Os danos de aproximadamente 40% ocasionados pelo simulador ou pelas larvas de *O. oryzae*, observados através das diferentes variáveis avaliadas, provocaram reduções na produção de grãos que oscilaram de 5,2 a 24% (Tabela 10). Estes valores são menores que os obtidos por Meneses et al. (1981) que ao simularem o dano do gorgulho aquático *Lissorhoptrus brevirostris* em arroz através de reduções de 15 a 60% do sistema radicular, observaram perdas de produção de 37,3 a 61,1%. Essas perdas, possivelmente estão associadas à elevada produtividade da cultivar IR-880, no sistema de transplante, que foi de aproximadamente 9 ton/ha nas parcelas livres do dano provocado pelo inseto e ao stress das plantas, após o arranque e replante.

Apesar da não constatação de diferenças estatísticas entre a recuperação do sistema radicular danificado natural e artificialmente, observa-se que raízes com dano simulado, tenderam a apresentar maior recuperação (Tabelas 5, 6, 7 e 8 e Figuras 9 e 10). Comportamento semelhante foi verificado por Bosque (1986) ao simular o dano de insetos de solo em milho. Isto possivelmente se deve ao fato de que o dano natural é contínuo dentro de um período determinado, enquanto o dano simulado é realizado abruptamente, semelhantemente a uma poda drástica, possibilitando maiores chances de recuperação das raízes. Portanto, para simular danos de insetos que permanecem se alimentando por um longo período de tempo, seria interessante que cortes artificiais fossem menos drásticos, contudo progressivos.

No caso de *O. oryzae*, por apresentar um pico populacional de larvas bem definido, a simulação do dano realizada em uma só época mostrou-se adequada, mesmo que as larvas permaneçam se alimentando por um período

relativamente longo. Isso ocorreu devido o dano natural concentrar-se justamente no pico populacional do inseto. Já a profundidade de corte realizada pelo simulador de dano (8 cm) também mostrou-se adequada, por proporcionar uma percentagem de corte semelhante à provocada pelo inseto. Entretanto, estudos de épocas e níveis de corte e época de avaliação da recuperação do sistema radicular, podem ser realizados, visando estabelecer critérios que otimizem o aproveitamento do equipamento simulador de dano na seleção de genótipos tolerantes ao inseto.

5. CONCLUSÕES

a) O modelo de flutuação populacional de larvas de *Oryzophagus oryzae* é igual nas cultivares de ciclos curto e médio.

b) As cultivares BR-IRGA 414 e Bluebelle possuem menor capacidade de recuperação do sistema radicular danificado por *O. oryzae* e maiores perdas de produção de grãos que as 'BR-IRGA 410' e 'Dawn'.

c) O corte das raízes e a recuperação do sistema radicular do arroz são similares, após os danos simulado e natural de *O. oryzae*.

d) Perdas de produção de grãos são correlacionadas positivamente com o índice de dano às raízes e negativamente com a percentagem de recuperação do sistema radicular.

e) As variáveis peso seco, comprimento, volume e comprimento total de raízes refletem adequadamente os níveis de danos atribuídos ao sistema radicular do arroz.

f) É possível identificar genótipos de arroz irrigado tolerantes ao ataque de larvas de *O. oryzae*, através do uso da técnica de simulação de dano.

g) A técnica de simulação de dano de *O. oryzae* é adequada para experimentos conduzidos em condições de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKTHANATSALAM, N. Simulated stem damage and yield loss in wetland rice (*Oryza sativa*) in Nagaland. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.61, n.10, p.785-786, 1991.
- BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; CARVALHO, J.R.P. Influência da época de inundação do solo sobre a toxidez de ferro na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15., Campinas, 1982. **Anais**. Campinas: SBCS, 1982. p.481.
- BERTELS, A.; MARTINS, J.F.S. **Insetos-pragas do arroz e seu controle**. Pelotas: Instituto de Pesquisa Agropecuária do Sul. 1974. 24p. (Boletim técnico, 95).
- BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Springer-Verlag, 1979. 189p.
- BOTTON, M. Resistência varietal e nível de dano de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de arroz irrigado. Piracicaba, 1994. 73p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

- BOTTON, M.; VENDRAMIM, J.D.; MARTINS, J.F.S.; CARBONARI, J.J. Associação entre densidade populacional de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) e produção de grãos em cultivares de arroz irrigado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.25, n.2, p.233-238, 1996.
- BOSQUE, L.A.R. de. Daño simulado al sistema radicular del maiz: una herramienta en la búsqueda de tolerancia varietal a plagas del suelo. **Agricultura Técnica do México**, v.12, n.1, p.121-134, 1986.
- BOWLING, C.C. Test to determinate varietal reaction to the rice water weevil. **Journal of Economic Entomology**, v.56, p.893-894, 1963.
- BOWLING, C.C. Simulated insect damage to rice: effects of leaf removal. **Bulletin of the Entomological Society of America**, v.71, n.2, p.377-378, 1978.
- BOWLING, C.C. Breeding for host plant resistance to rice field insects in the U.S.A. In: Harris, M.K (Ed.), **Biology and breeding for resistance to arthropods and pathogens in agricultural plants**. College Station: Texas A & M University, 1980. p.329-364.
- CAMARGO, L.M.O.A. Gorgulhos aquáticos do arroz. Caracterização e controle. **Lavoura Arrozeira**, v.44, n.395, p.7-14, 1991.

- CAMARGO, L.M.O.A.; LEITE, N.; VILLELA, O.V.; LEITE, L.G.; ASAYAMA, T. Gorgulhos aquáticos (Coleoptera: Curculionidae) que ocorrem em cultivos de arroz no vale do Paraíba, SP. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.57, n.1/2, p.51-55, 1990.
- CARBONARI, J.J.; MARTINS, J.F.S.; BOTTON, M.; CANDIA, V.A. de; GALINA, J.C. Controle de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) com inseticidas aplicados no tratamento de sementes e na água de irrigação na cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15., Caxambu, 1995. **Resumos**. Lavras: ESAL, 1995. p.420.
- COSTA, E.C.; GUEDES, J.V.C. Simulação de dano causado por lagartas desfolhadoras em arroz irrigado. In. REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., Pelotas, 1993. **Anais**. Pelotas: EMBRAPA/CPACT, 1993. p.229.
- CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RALISH, R.; TOZZI, C.L.; TORRE, A.; VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.3, p.365-371, 1994.
- CRUZ, F.Z. Controle da bicheira da raiz do arroz - *Oryzophagus oryzae* (Lima, 1936) (Col., Curculionidae, Eirirhininae) com Cyclosal (cicloprotrin) um novo inseticida piretróide. **Lavoura Arrozeira**, v.45, n.404, p.11-12, 1992.

- DAS, D.K.; JAT, R.L. Influence of three soil-water regimes on root porosity and growth of four rice varieties. **Agronomy Journal**, v.69, n.2, p.197-200, 1977.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2.ed. New York: John Wiley, 1981. p.218-293. More complicated models.
- FAGERIA, N.K. **Adubação e nutrição da cultura de arroz**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAP, 1984. 341p.
- FERREIRA, E.; MARTINS, J.F.S. **Insetos prejudiciais ao arroz no Brasil e seu controle**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAP, 1984. 67p. (EMBRAPA/CNPAP. Documentos, 11).
- FITZGERALD, P.J.; ORTMAN, E.E.; BRANSON, T.F. Evaluation of mechanical damage to roots of commercial varieties of corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.8, p.419-421, 1968.
- GIFFORD, J.R.; NILAKHE, S.S.; TRHHAN, G.B. Host plant resistance to rice insects. In: LOUISIANA AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION. **Annual progress report**, Baton Rouge, 1973. v.65, p.130-139.
- GRAY, M.E.; TOLLEFSON, J.J. Influence of tillage and western and northern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) egg populations on larval populations and root damage. **Journal of Economic Entomology**, v.80, p.911-915, 1987.

- GUIMARÃES, G.; INFORZATO, R. Desenvolvimento do sistema radicular do arroz semeado diretamente e plantado por mudas, em duas séries de solo do vale do Paraíba, SP. **Bragantia**, v.32, n.5, p.137-147, 1973.
- HEINRICHS, E.A.; MEDRANO, F.G.; RAPUSAS, H.R. **Genetic evaluation for insect resistance in rice**, Los Baños: IRRI, 1985. 356p.
- HILLS, T.M.; PETERS, D.C. A method of evaluating post-planting insecticide treatments for control of western corn rootworm larvae. **Journal of Economic Entomology**, v.64, p.764-765, 1971.
- HIM HIM, P.V. Teste de resistência a "bicheira-da-raiz" (*Oryzophagus oryzae*, Costa Lima, 1936) em genótipos de arroz (*Oryza sativa*, L.), para fins de melhoramento. Pelotas, 1980. 67p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.
- JORGE, L.A.C.; RESENDE, P.C.S.; POSADAS DURANT, A.; FREITAS JUNIOR, E.; CRESTANA, S. Comparação de técnicas de análise de imagens digitais na determinação do comprimento de raízes. In: REUNIÃO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., Florianópolis, 1994. **Resumos**. Florianópolis: UFSC, 1994. p.123.
- KÖPKE, U. Methods for studying root growth. In: RUSSEL, R.S.; IGUE, K; MEHTA, J.R. (Ed). **The soil root system in relation to Brazilian Agriculture**. Londrina: IAPAR, 1981. p.303-318.

- KUSCHEL, G. Revision de *Lissorhoptrus* Leconte y generos vecinos de America. **Revista Chilena de Entomologia**, v.1, p.23-74, 1951.
- KUSCHEL, G. Revision de los premmo tryptini y adiciones a los bagoini (Coleoptera: Curculionidae). **Boletin del Museo Nacional de História**, v.26, p.187-235, 1956.
- LANDIS, D.A. Response of corn seedlings to simulated southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) feeding damage. **Journal of Economic Entomology**, v.81, n.4, p.1209-1213, 1988.
- LIMA, A.D.F. O bicho do arroz. **Boletim Fitossanitário**, v.5, p.49-53, 1951.
- LINK, D.; COSTA, E.C. Locais de "hibernação" de adultos de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) na região central do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO, 3., Chapecó, 1991. **Ata**. Chapecó: EMPASC/CPPP, 1991. p.18.
- LOPES, S.I.G.; VOLKWEISS, S.J.; TEDESCO, M.J. Desenvolvimento do sistema radicular do arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.273-278, 1994.
- MARTINS, J.F.S. Níveis de infestação de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) durante o período de desenvolvimento da cultura do arroz. **Ciência e Cultura**, v.28, n.12, p.1493-1497, 1976.

- MARTINS, J.F.S. Profundidade da água de irrigação e nível de infestação da bicheira-da-raiz em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.14, n.2, p.97-99, 1979.
- MARTINS, J.F.S. Problemática da bicheira-da-raiz no Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4., Goiânia, 1990. **Resumos**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAP, 1990. p.29.
- MARTINS, J.F.S.; FERREIRA, E. **Caracterização e controle da bicheira-da-raiz do arroz**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAP. 1980. 14p. (EMBRAPA/CNPAP, Circular Técnica, 9).
- MARTINS, J.F.S.; TERRES, A.L.S. Avaliação de germoplasma de arroz visando resistência à bicheira-da-raiz. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18. Porto Alegre, 1989. **Anais**. Porto Alegre: IRGA, 1989. p.315-320.
- MARTINS, J.F.S.; TERRES, A.L.S. Avaliação de germoplasma de arroz visando resistência à bicheira-da-raiz. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 19. Camboriú, 1991. **Anais**. Itajaí: EPAGRI, 1991. p.229-231.
- MARTINS, J.F.S.; TERRES, A.L.S. Avaliação de germoplasma de arroz visando resistência a *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.24, n.3, p.445-453, 1995.

- MARTINS, J.F.S.; BERTELS, A.; DITTRICH, R.C. Métodos de aplicação de inseticidas no controle da bicheira-do-arroz, *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.12, p.41-48, 1977.
- MARTINS, J.F.S.; BOTTON, M.; CARBONARI, J.J. Controle de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) através da pulverização foliar com inseticidas piretróides. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.25, n.2, p.217-221, 1996a.
- MARTINS, J.F.S.; BOTTON, M.; CARBONARI, J.J. Efeito de inseticidas aplicados no tratamento de sementes e na água de irrigação no controle de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) em arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrociência**, 1996b. (no prelo).
- MARTINS, J.F.S.; FERREIRA, E.; PINHEIRO, B.S. Simulação do dano causado por lagartas-da-folha ao arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.8, p.1113-1119, 1982.
- MARTINS, J.F.S.; OLIVEIRA, J.V. de; VALENTE, L.A. Informações preliminares sobre a situação de insetos na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17., Pelotas, 1988. **Anais**. Pelotas: EMBRAPA/CPATB, 1988. p.215-223.
- MARTINS, J.F.S.; TERRES, A.L.S.; BOTTON, M. Alternativas de controle da bicheira-da-raiz visando menor impacto ambiental. **Lavoura Arrozeira**, v.46, n.406, p.12-14, 1993.

- MARTINS, J.F.S.; BOTTON, M.; CARBONARI, J.J.; GALINA, J.C.; CANDIA, S.V.A. de. Estratégia de controle de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) no sistema de cultivo de arroz pré-germinado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., Porto Alegre, 1995. **Anais**. Porto Alegre: IRGA, 1995. p.220-222.
- MAXWELL, F.G.; JENNINGS, P.R. **Breeding plant resistant to insects**. New York: John Wiley, 1980, 683p.
- MENESES, R., ECHEVARRIA, G.; REYES, M. Influencia de la disminucion del sistema radicular sobre el rendimiento en el cultivo del arroz. **Ciencia y Técnica en la Agricultura. Arroz**, v.4, n.1, p.105-116, 1981.
- MENESES CARBONELL, R. Importância de *Lissorhoptus brevirostris* en el cultivo del arroz en Cuba. **Arroz en las Americas**, v.10, n.1, p.9-11, 1989.
- MENGUEL, D.B.; BARBER, S.A. Development and distribution of the corn root system under field conditions. **Agronomy Journal**, v.66, p.341-344, 1974.
- MIELITZ, L.R.; BECKER, M.; ROMANOWSKI, H.P. Hibernation dynamics of *Oryzophagus oryzae* and its implications for management. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.78, p.159-166, 1996.

- MUDA, A.R.B.; TUGWELL, N.P.; HAIZUP, M.B. History and indirect flight muscle degeneration and regeneration in the rice water weevil. **Environmental Entomology**, v.10, n.5, p.685-690, 1981.
- MUKERJI, D.K. Effects of pruning rice seedlings on growth and yield. **Science and Culture**, v.39, p.198-199, 1973.
- NAGATA, T. Japan's unwelcome new arrival. **Shell Agriculture**, v.8, p.8-10, 1990.
- N'GUESSAN, F.K.N.; QUISENBERRY, S.S. Screening selected rice lines for resistance to the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology**, v.23, n.3, p.665-675, 1994.
- N'GUESSAN, F.K.N.; QUISENBERRY, S.S.; GROUGHAN, T.P. Evaluation of rice anther culture lines for tolerance to the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology**, v.23, n.2, p.331-336, 1994a.
- N'GUESSAN, F.K.N.; QUISENBERRY, S.S.; GROUGHAN, T.P. Evaluation of rice tissue culture lines for resistance to the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v.87, n.2, p.504-513, 1994b.
- OLIVEIRA, J.V. de. Caracterização e controle dos principais insetos do arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, v.40, n.374, p.17-24, 1987.

- OLIVEIRA, J.V. de. Ocorrência da bicheira-da-raiz no Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, v.46, n.408, p.16-17, 1993.
- OLIVEIRA, J.V. de. Controle químico da bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*, Costa Lima, 1936) em arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, v.47, n.413, p.3-4, 1994.
- PAN, W.L.; BOLTON, R.P. Root quantification by edge discrimination using a desktop scanner. **Agronomy Journal**, v.86, n.6, p.1047-1052, 1991.
- PRANDO, H.F.; PEGORARO, R.A. Controle da bicheira-da-raiz do arroz (*Oryzophagus oryzae*) (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) com tratamento de sementes. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., Pelotas, 1993. **Anais**. Pelotas: EMBRAPA/CPACT, Pelotas, 1993. p.220-221.
- PUGLIESE, A. A larva da raiz do arroz. **Lavoura Arrozeira**, v.9, n.97, p.17-18, 1956.
- RICE, S.E.; GRIGARICK, A.A.; WAY, M.O. Effect of leaf and panicle feeding by armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae on rice grain yield. **Bulletin of the Entomological Society of America**, v.75, n.4, p.593-595, 1982.
- RIDSDILL SMITH, T.J. Effects of root-feeding by scarabaeid larvae on growth of perennial ryegrass plants. **Journal of Applied Ecology**, v.14, p.73-80, 1977.

- RUSSELL, E.W. **Soil conditions and plant growth.** 10. ed. London: Longmann, 1973. p.50-52: The development and function of plant roots in soil.
- SCHIMITT, A.T.; MIURA, L. Flutuação populacional da bicheira-da-raiz em arroz irrigado em Itajaí. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 11., Pelotas, 1981. **Anais.** Pelotas: UEPAE, 1981. p.313-315.
- SCHURMANN, J.J.; GOEDEWAGEN, M.A.J. **Methods for the examination of root systems and roots.** 2.ed. Wageningen: Pudoc, 1971. 86p.
- SMITH, C.M.; ROBINSON, J.F. Evaluation of rice cultivars grown in North America for resistance to the rice water weevil. **Environmental Entomology**, v.11, p.334-336, 1982.
- SMITH, C.M.; BAGENT, J.L.; LINDSCOMBE, S.D.; ROBINSON, J.F. **Insect pest of rice in Lousiana.** Lousiana Agricultural Experiment Station, 1986. 23p (Bulletin, 774).
- SOUZA, J.C. de.; REIS, P.R. Dano e controle da bicheira-do-arroz na região sul do estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.2, p.181-184, 1990.
- TAYLOR, W.E. Effects of artificial defoliation (simulating pest damage) on varieties of upland rice. **Experimental Agriculture**, v.8, p.79-83, 1972.

- TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root lenght. **The Journal of Ecology**, v.63, p.995-1001, 1975.
- TRIPATHI, R.S.; PUROHIT, D.C.; PUCHIT, P.D.; BHARGAVA, P.D. Effect of pruning on the yield of paddy N. P.130. **Science and Culture**, v.39, p.269-270, 1973.
- TSUZUKI, H.; ASAYAMA, T.; AMANO, T. et al. Studies on biology and control of the newly invaded insect rice water weevil *Lissorhoptrus oryzophilus* Kushel. **Research Bulletin of the Aichi-Ken Agricultural Research Center**, n.15, p.1-135, 1984.
- TUGWELL, N.P.; STEPHEN, F.M. Rice water weevil seasonal abundance, economic levels, and sequential sampling plants. Fayetteville: Agricultural Experiment Station, 1981. 16p. (Bulletin, 849).
- TURNER, F.T.; MacCAULEY, G.N. Rice. In. TEAVE, J.D; PEET, M.M. (Ed.) **Crop water relations**. New York: John Wiley, 1983. 547p.
- VALÉRIO, J.R.; NAKANO, O. Dano causado por adultos da cigarrinha *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera: Cercopidae) na produção de raízes de *Brachiaria decumbens* Stapf. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.16, n.1, p.205-212, 1987.

WHITFIELD, G.H. Pruning of nodal root axes to simulate feeding by corn rootworm (Coleoptera: Crhysomelidae) on grain corn. **Field Crops Research**, v.29, p.329-352, 1992.

WIERSMA, D. The soil environment and root development. **Advances in Agronomy**, v.11, p.43-51, 1959.