

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel

Departamento de Fitotecnia

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Dissertação

**TEMPERATURA E LUZ SOBRE TOLERÂNCIA AO FRIO NA GERMINAÇÃO,
EMERGÊNCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS EM ARROZ**

Eduardo Venske

Pelotas, 2013

Eduardo Venske

**TEMPERATURA E LUZ SOBRE TOLERÂNCIA AO FRIO NA GERMINAÇÃO,
EMERGÊNCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS EM ARROZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Paulo Dejalma Zimmer, Dr.

Co-Orientador: Prof. Carlos Eduardo Schaedler, Dr.

PELOTAS
Rio Grande do Sul - Brasil
Novembro de 2013

Dados Internacionais de Publicação (CIP)

V464t Venske, Eduardo

TEMPERATURA E LUZ SOBRE TOLERÂNCIA AO FRIO NA GERMINAÇÃO, EMERGÊNCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS EM ARROZ / Eduardo Venske; Paulo Dejalma Zimmer, orientador; Carlos Eduardo Schaedler, co-orientador. - Pelotas, 2013.

59 f. : il.

Dissertação (Ciência e Tecnologia de Sementes), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1.fator abiótico. 2.fitotoxidade. 3.sementes. 4.radiação solar. I. Zimmer, Paulo Dejalma, orient. II. Schaedler, Carlos Eduardo, co-orient. III. Título.

CDD: 633.18

Catálogo na Fonte: Gabriela Machado Lopes CRB:10/1842
Universidade Federal de Pelotas

Eduardo Venske

**TEMPERATURA E LUZ SOBRE TOLERÂNCIA AO FRIO NA GERMINAÇÃO,
EMERGÊNCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS EM ARROZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Banca examinadora:

Prof. Luis Osmar Braga Schuch, Dr.

Prof. Luis Antonio de Avila, Ph. D.

Prof. Carlos Eduardo Schaedler, Dr.
(Co-orientador)

Prof. Paulo Dejalma Zimmer, Dr.
(Orientador)

***“Não tentes ser bem sucedido, tenta
antes ser um homem de valor.”***

Albert Einstein

Dedico

Aos meus pais, Gilberto e Ingrid.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, que tem me reservado tantas graças, mesmo sem eu merecer.

A meus **pais, Gilberto e Ingrid**, que amo e que sempre acreditaram em mim, em especial minha mãe, que me incentivou a seguir os estudos, e por isto dou mais este passo.

A meus **irmãos, Everton e Evandro**, a quem amo e considero muito.

A minha **noiva, Vera Beatriz**, a qual, com muito carinho, atenção, compreensão e, sobretudo, amor, me acompanha na vida.

A minha enteada **Lavínia**, por quem tenho carinho.

Ao professor **Paulo Dejalma Zimmer**, pela amizade, conselhos e, sobretudo, enorme confiança a mim depositada ao longo dos anos de orientação.

Ao professor **Carlos Eduardo Schaedler**, pela amizade, na sua simplicidade e grande humildade, e pelos conhecimentos passados.

Ao **Ronan Ritter, Silvana Spaniol Fin, Carlos André Bahry, Carolina Terra Borges e Mariana Peil da Rosa** que auxiliaram na condução dos experimentos, e pela amizade.

Ao professor **Luis Antonio de Avila**, que, sempre prestativo, ofereceu estrutura e recursos para a execução dos trabalhos, além de muito incentivo.

Aos **professores e colegas do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes** - UFPel, cujo convívio foi espetacular.

A **CAPES** pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Engº Agrº Msc. **Guilherme Cassol**, pelo auxílio nos experimentos de campo.

A todos que auxiliaram na execução deste trabalho, muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
 INTRODUÇÃO GERAL	 1
 ARTIGO I - Desenvolvimento inicial de arroz cultivado e do vermelho em resposta à luz e temperatura do ar.....	 5
Resumo.....	5
Abstract.....	6
Introdução	7
Material e métodos.....	9
Resultados e discussão	13
Conclusões	22
Referências.....	23
 ARTIGO II - Seletividade de herbicidas e produtividade do arroz irrigado em resposta à época de semeadura e redução da luminosidade em diferentes fases do desenvolvimento	 26
Resumo.....	26
Abstract.....	27
Introdução	28
Material e métodos.....	30
Resultados e discussão	35
Conclusões	50
Referências.....	51

CONSIDERAÇÕES GERAIS	55
REFERÊNCIAS	57

RESUMO

VENSKÉ, Eduardo. Universidade Federal de Pelotas, Novembro de 2013. **Temperatura e luz sobre tolerância ao frio na germinação, emergência e seletividade de herbicidas em arroz.** Orientador: Prof. Dr. Paulo Dejalma Zimmer.

Temperatura e luz tem um complexo efeito sobre as plantas, podendo afetar a tolerância ao frio e a seletividade de herbicidas. Foram realizados dois estudos, durante os anos de 2012 e 2013. No artigo I o objetivo foi avaliar a relação entre temperatura e quantidade e qualidade de luz sobre o desenvolvimento inicial de cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho. Foram realizados dois experimentos, em laboratório e em casa de vegetação, durante os meses de Julho a Novembro de 2012. Os fatores estudados no experimento I foram: temperatura (25°C e 18/13°C); cultivar/biótipo (IRGA 424 e PUITÁ INTA-CL / AV 6716 e AV 6722) e luz (branca, azul, verde, amarela e vermelha, sombreamentos de 86 e 93% e escuro). No experimento II os fatores foram: época de semeadura (Agosto e Novembro); cultivar/biótipo (IRGA 424 e PUITÁ INTA-CL / AV 6716 e AV 6722); e luz (branca com recobrimento, branca, azul, verde, amarela e vermelha, sombreamentos de 86 e 93%). O delineamento experimental foi em faixas para temperatura / época de semeadura e luz, e inteiramente casualizado para cultivar / biótipo, com quatro repetições. Avaliou-se plântulas normais, comprimento de parte aérea e raiz, massa da matéria seca da parte aérea e de raízes e área foliar. As cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho estudados têm comportamento semelhante frente à temperatura e luz durante o desenvolvimento inicial. A luz, especialmente no comprimento de onda do vermelho, proporciona aumento na tolerância do arroz ao frio. No artigo II o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da época de semeadura e da redução artificial da luminosidade em diferentes fases do desenvolvimento das plantas, sobre a seletividade de herbicidas e componentes de produtividade do arroz irrigado. O experimento foi conduzido à campo, na safra 2012/2013, e a cultivar utilizada foi IRGA 424. Os fatores estudados foram: época de semeadura (18/outubro e 09/novembro); herbicida (testemunha capinada, bispiribaque sódico e penoxsulam) e fases do desenvolvimento da cultura com luminosidade reduzida de 70% [testemunha, plântula (S0-V4), vegetativo, reprodutivo e todo o ciclo]. O delineamento experimental foi em faixas para época de semeadura e redução de luminosidade, e inteiramente casualizado para herbicidas, com quatro repetições. Avaliou-se: plantas, colmos e panículas por área, fitotoxicidade, espiguetas, espiguetas cheias e vazias por panícula, esterilidade de espiguetas, peso de mil sementes e produtividade. A época de semeadura influencia na seletividade de bispiribaque sódico, sendo que quando realizada próximo ao início do período recomendado reduz a produtividade da cultivar. A redução artificial de luz em diferentes fases do ciclo não afeta a seletividade dos herbicidas bispiribaque sódico e penoxsulam sobre o arroz irrigado.

Palavras chave: fator abiótico, sementes, radiação solar, fitotoxicidade.

ABSTRACT

VENSKE, Eduardo. Federal University of Pelotas, in November 2013. **Temperature and light on cold tolerance in germination, emergency and herbicide selectivity in rice.** Advisor: Prof. Dr. Paulo Dejalma Zimmer.

Temperature and light have a complex interaction of plants, and may affect cold tolerance and herbicide selectivity. Two studies were conducted during the 2012 / 2013. In Article I the aim was to evaluate the relationship between temperature and light quantity and quality on the early development of rice cultivars and red rice biotypes. Two experiments were conducted, in the laboratory and in the greenhouse, during the months of July to November, 2012. The factors studied in experiment I were: temperature (25°C and 18/13°C); cultivar / biotype (IRGA 424 and PUITA INTA-CL / AV 6716 and AV 6722) and light (white, blue, green, yellow and red, shaders to 86 and 93% and dark). In the second experiment factors were season (August and November); cultivar / biotype (IRGA 424 and PUITA INTA-CL / AV 6716 and AV 6722) and light (white with coating, white, blue, green, yellow and red, shaders to 86 and 93%). The experimental design was in bands for temperature / time of sowing and light, and randomized to cultivar / biotype, with four replications. We evaluated normal seedlings, length of shoot and root, dry weight of shoots and roots and leaf area. Cultivars and biotypes studied have similar behavior against the light and temperature during early development. The light, especially red wave length, has increased tolerance to cold rice. In Article II the objective was to evaluate the effect of sowing date and artificially reducing the luminosity at different stages of plant development on the herbicide selectivity and yield components of rice. The field experiment was carried out in 2012/2013 harvest, and cultivar IRGA 424 was utilized. The factors studied were: sowing season (October 18 and November 09), herbicide (control - hand weeded, bispyribac sodium and penoxsulam) and stage of development of culture with luminosity reduced by 70% [control, seedling (S0-V4), vegetative, reproductive, and the entire cycle]. The experimental design was in bands for sowing date and reduced brightness, and randomized to herbicides, with four replications. Evaluated: plants, stems and panicles per area, herbicide injury, spikelets, filled and empty spikelets per panicle, spikelet sterility, thousand seed weight and yield. The sowing season influences the selectivity bispyribac sodium, and when held near the beginning of the period recommended reduces the productivity of farming. The artificial reduction of light in different phases of the cycle does not affect the selectivity of herbicides bispyribac sodium and penoxsulam on rice.

Key words: abiotic factor, seeds, solar radiation, injury.

Lista de Figuras

Figura 1. Temperaturas diárias, média de leituras de todos os tratamentos de luz, do experimento em casa de vegetação.....	12
--	----

Lista de Tabelas

Tabela 1.	Caracterização dos tratamentos dos experimentos em câmara de crescimento e casa de vegetação quanto à luz e temperatura.....	12
Tabela 2.	Comprimento de raiz de cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho em função de temperaturas e luz, avaliados aos 21 dias após a semeadura em câmara de crescimento.....	13
Tabela 3.	Valores médios, por gerbox, de número de plântulas normais, e por plântula de comprimento de parte aérea (CPA), em centímetros, massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR), em miligramas, de cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho, em função de temperaturas e luz, avaliados aos 21 dias após a semeadura.....	14
Tabela 4.	Comprimento de parte aérea por plântula, em duas épocas de cultivo, de cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho em função de temperaturas e luz, avaliados aos 16 dias após a semeadura e condução em casa de vegetação.....	17

Tabela 5.	Valores médios de comprimento de raiz (CR), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) e área foliar em duas épocas, de cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho em função de temperaturas e luz, avaliados aos 16 dias após a semeadura, conduzido em casa de vegetação.....	18
Tabela 6.	Temperatura média do ar (TA) e temperatura mínima média do ar (Tm), em °C, dias com temperatura média do ar $\leq 15^{\circ}\text{C}$ ($\text{DT} \leq 15$) e radiação solar global média (RS), em $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, ocorridas em cada fase do desenvolvimento, e em todo o ciclo, da cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de época de semeadura. Capão do Leão – RS, safra 2012/2013...	32
Tabela 7.	Fitotoxicidade aos 07 dias após a aplicação dos herbicidas, sobre a cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de época de semeadura, herbicida e fase do desenvolvimento sob redução de luz. Capão do Leão – RS, 2013.....	36
Tabela 8.	Fitotoxicidade aos 14 dias após a aplicação dos herbicidas, sobre a cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de fase do desenvolvimento sob redução de luz e herbicida. Capão do Leão – RS, 2013.....	37
Tabela 9.	Fitotoxicidade aos 21 dias após a aplicação dos herbicidas, sobre a cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de época de semeadura, herbicidas e fase do desenvolvimento sob redução de luz. Capão do Leão – RS, 2013.....	38
Tabela 10.	Fitotoxicidade aos 28 dias após a aplicação dos herbicidas, sobre a cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de época de semeadura, herbicida e fase do desenvolvimento sob redução de luz. Capão do Leão – RS, 2013.....	40

Tabela 11.	População de plantas, número de colmos e panículas por metro quadrado, da cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de fase do desenvolvimento sob redução de luz e época de semeadura. Capão do Leão – RS, 2013.....	42
Tabela 12.	Espiguetas (Esp.), espiguetas cheias e vazias por panícula (pn^{-1}), da cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função da aplicação de herbicidas e época de semeadura. Capão do Leão – RS, 2013.....	44
Tabela 13.	Espiguetas (EP) e espiguetas cheias por panícula (ECP), peso de mil sementes (PMS), em gramas, e produtividade, em quilogramas por hectare, da cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de fase do desenvolvimento sob redução de luz e época de semeadura. Capão do Leão – RS, 2013.....	45
Tabela 14.	Produtividade, em quilogramas por hectare, da cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função da aplicação de herbicidas e época de semeadura. Capão do Leão – RS, 2013.....	47

INTRODUÇÃO GERAL

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, constituindo-se na base alimentar de mais de três bilhões de pessoas. O Brasil é o nono maior produtor mundial (SOSBAI, 2012), com área cultivada de cerca de 2,4 milhões de hectares e produção de aproximadamente 12 milhões de toneladas (CONAB, 2013). O Rio Grande do Sul (RS) é o maior produtor de arroz do Brasil, tendo cultivado na safra 2012/2013 em torno de um milhão de hectares, o que representou 44% da área cultivada com esta cultura no país, e contribuiu com 67% da produção nacional. A produtividade média do estado também se destaca frente aos demais, estando atualmente em mais de 7,4 toneladas por hectare (CONAB, 2013).

A produção de arroz, assim como as demais culturas, está condicionada a uma série de fatores, bióticos; como incidência de doenças, ataque de pragas e competição com plantas daninhas; e abióticos; como condições físicas e químicas do solo, luz e temperatura, além daqueles relacionados ao manejo, como tratamento fitossanitário.

O frio é um dos principais estresses para o arroz em várias regiões do mundo, sendo que temperaturas abaixo de 20°C já se constituem em fator limitante ao desenvolvimento da cultura (YOSHIDA, 1981). Entre as fases do ciclo das plantas mais sensíveis às baixas temperaturas está o desenvolvimento inicial, isto é, o período da germinação à emergência e desenvolvimento de plântulas (CRUZ & MILLACH, 2000), e os danos causados nesta fase se refletem em lento estabelecimento do cultivo e inadequado estande de plantas. Baixas temperaturas

podem ocorrer juntamente com períodos de baixa intensidade de luz decorrente de nebulosidade, cuja ocorrência é comum nas áreas produtoras de arroz no mundo (SINGH, 2000). Além disto, a semeadura em época antecipada no RS faz com que coincida a ocorrência de baixa temperatura com menor radiação solar devido ao menor fotoperíodo.

A tolerância das plantas ao frio pode ser aumentada se estas forem aclimatadas a uma temperatura intermediária, isto é, se a redução da temperatura no ambiente for gradual (TAIZ & ZEIGER, 2004). Entretanto, tem-se observado, para espécies que apresentam tolerância à baixa temperatura em determinadas fases do ciclo, que a aclimação ao frio sob temperatura baixa (porém acima do limite que causa dano severo) juntamente com reduzida luminosidade, é menos efetiva do que sob a mesma condição de temperatura somada a um ambiente de luminosidade ideal (SZALAI et al., 2009). Foi observado, inclusive, que um determinado nível de tolerância ao frio também pode ser induzido somente por elevada luminosidade, mesmo não em temperatura de aclimação (JANDA et al., 2007). No entanto, não está totalmente desvendada a relação entre estes dois fatores, sendo que vários estudos foram realizados na busca de avançar nesta compreensão, entre eles, com *Arabidopsis* (CATALÁ et al., 2011); centeio (GRAY et al., 1997); pinus (BECK et al., 2004) e trigo (OLSEN et al., 1997; APOSTOL et al., 2006; JANDA et al., 2007; SZALAI et al., 2009; MAJLÁTH et al., 2012).

No papel da luz como fator de indução de tolerância ao frio em plantas, atribui-se a esta principalmente a função de sinal ambiental, a qual, percebida através dos fitocromos (OLSEN et al., 1997), regularia positivamente a expressão de genes de tolerância. Neste sentido, a qualidade da luz também foi relacionada à indução da tolerância à baixa temperatura em vegetais, principalmente no tocante à razão vermelho / vermelho distante, que, quando baixa, estimula a aclimação (BECK et al., 2004; CATALÁ et al. 2011).

A maioria dos estudos desta ordem foram realizados em espécies que apresentam uma elevada tolerância ao frio e inclusive ao congelamento, e que passam por períodos de aclimação em seus ciclos de cultivo, entretanto, muitas destas pertencem à mesma família botânica do arroz, sugerindo que respostas semelhantes possam ser encontradas nesta cultura. A detecção de tais respostas subsidia a realização de estudos mais aprofundados, como a nível molecular, com

os quais pode ser possível trazer contribuições à amenização dos problemas causados pelas baixas temperaturas sobre o desenvolvimento inicial do arroz irrigado, seja na seleção de genótipos tolerantes, na inserção de genes via engenharia genética ou até propondo novas práticas de manejo, como relacionadas à época e profundidade de semeadura.

Outro fator importante que pode restringir a produtividade do arroz diz respeito à ocorrência de plantas daninhas. Essas concorrem por luz, água e nutrientes, constituindo-se em um dos principais limitantes à produtividade da cultura no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOSBAI, 2012). A falta de controle destas plantas durante o ciclo de desenvolvimento do arroz irrigado pode causar perdas na produtividade de grãos na ordem de 80 a 90% (ANDRES & MACHADO, 2004). Para tanto, o controle deve ser realizado, e com eficácia.

Independentemente do sistema de cultivo, o controle químico é o método mais amplamente utilizado para plantas daninhas na orizicultura, em decorrência da alta eficiência e praticidade (AGOSTINETTO et al., 2007). Entre os herbicidas registrados para o arroz se destacam os inibidores da enzima Acetolactato Sintase (ALS) (SOSBAI, 2012). A Acetolactato sintase é a primeira enzima na biossíntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina, catalisando duas reações paralelas: condensação de 2 moles de piruvato, para formar acetolactato; e condensação de 1 mol de piruvato com 1 mol de 2-oxibutirato, para formar aceto-hidroxitirato (EBERLEIN et al., 1997). Estes aminoácidos são constituintes de proteínas, assim, essenciais para a formação de novas células e crescimento.

Os inibidores da ALS compõem uma das classes mais numerosas de herbicidas registradas atualmente, somando 22 ingredientes ativos e, de maneira geral, apresentam baixa toxicidade para mamíferos, controlam amplo espectro de plantas daninhas, apresentam alta eficiência mesmo em baixas doses e alta seletividade às culturas (VIDAL, 2002). Desta classe de herbicidas, bispirabaque sódico e penoxsulam estão registrados para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2012).

Apesar da alta seletividade dos herbicidas inibidores da ALS sobre as culturas, observações foram feitas em lavouras arrozeiras da região da Campanha e Sul do RS, em safras recentes, de plantas que, semeadas precocemente, e assim possivelmente submetidas a condições de baixas temperaturas após a aplicação

dos herbicidas, apresentaram elevada fitotoxicidade (MARTINI et al., 2011). Considerando que a ocorrência de baixas temperaturas muitas vezes se dá simultaneamente com luminosidade reduzida, devido à nebulosidade, e que temperatura e luz apresentam uma complexa interação sobre as plantas (CATALÁ et al., 2011), é possível que a baixa luminosidade também seja causadora dos problemas observados.

Entende-se por seletividade a capacidade de um determinado herbicida em eliminar as plantas daninhas que se encontram em uma cultura, sem reduzir-lhe a produtividade e a qualidade do produto final obtido (NEGRISOLI et al., 2004). O mecanismo mais comum de tolerância das culturas aos herbicidas inibidores da ALS é a capacidade da planta de metabolizar a molécula herbicida (SWEETSER et al., 1982). Entre as reações metabólicas mais comuns, envolvidas na seletividade de culturas aos inibidores da ALS, estão a hidroxilação do anel aromático, a hidroxilação alifática, a desalquilação, a desesterificação e a conjugação. A enzima citocromo P-450 monoxigenase muitas vezes está associada com reações de hidroxilação das moléculas de herbicida (VIDAL, 2002). É possível que estes mecanismos, assim como ocorre com o metabolismo em geral das plantas, sejam afetados pelo ambiente.

Considerando o exposto, é importante avaliar o efeito de época de semeadura e da luminosidade sobre a seletividade de herbicidas utilizados no arroz irrigado, para com os resultados, inferir sobre melhores práticas em termos de manejo de época de semeadura, mas também escolha de herbicidas ou até momento de aplicação, visando reduzir riscos de intoxicação nas plantas que possam levar a perdas de produtividade.

Para atingir os objetivos propostos, dois estudos foram desenvolvidos, os quais estão apresentados na forma de artigos. No primeiro (Artigo I), o objetivo foi avaliar a relação entre temperatura e quantidade e qualidade de luz sobre o desenvolvimento inicial de cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho; e no segundo (Artigo II) o objetivo foi avaliar o efeito da época de semeadura e da redução artificial da luminosidade em diferentes fases do desenvolvimento das plantas, sobre a seletividade de herbicidas e componentes de produtividade de uma cultivar de arroz irrigado.

ARTIGO I

Desenvolvimento inicial de arroz cultivado e do vermelho em resposta à luz e temperatura do ar^{*}

Eduardo Venske, Carlos Eduardo Schaedler, Mariana Peil da Rosa, Carolina Terra Borges, Luis Antonio de Avila, Paulo Dejalma Zimmer

RESUMO - A luz é um fator importante nos processos de proteção ao frio nas plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar a relação entre temperaturas e quantidade e qualidade de luz sobre o desenvolvimento inicial de cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho. Foram realizados dois experimentos, em laboratório e em casa de vegetação, durante os meses de Julho a Novembro de 2012. Os fatores estudados no experimento I foram: temperaturas (25 °C e 18/13 °C); cultivares/biótipos (IRGA 424 e PUITÁ INTA-CL/AV 6716 e AV 6722) e luz (branca, azul, verde, amarela e vermelha, sombreamentos de 86 e 93% e escuro). No experimento II os fatores foram: época de semeadura (Agosto e Novembro); cultivares/biótipos (IRGA 424 e PUITÁ INTA-CL/AV 6716 e AV 6722); e luz (branca com recobrimento, branca, azul, verde, amarela e vermelha, sombreamentos de 86 e 93%). Avaliou-se plântulas normais, comprimento de parte aérea e raiz, massa da matéria seca da parte aérea e de raízes e área foliar. As cultivares e biótipos estudados têm comportamento semelhante frente à temperatura e luz durante o desenvolvimento inicial. A luz, especialmente no comprimento de onda do vermelho, apresenta aumento na tolerância ao frio em arroz.

Termos para indexação: estresse ambiental, germinação, emergência, plântula.

^{*}Sob normas e aceito para publicação na Journal of Seed Science.

Initial development of cultivated and red rice in response to light and air temperature

ABSTRACT - Light is an important factor in the process of protection from cold in plants. The objective of this study was to evaluate the relationship between temperatures and levels of quantity and quality of light on the initial development of rice cultivars and red rice biotypes. Two experiments were conducted, in the laboratory and in the greenhouse, from July to November 2012. The factors studied in experiment I, were: temperature (25 °C and 18/13 °C); cultivars / biotypes (IRGA 424 and PUITA INTA-CL/ AV 6716 and AV 6722) and light (white, blue, green, yellow and red, shading of 86 and 93% and dark). In the second experiment, the factors were seasons (August and November); cultivars / biotypes (IRGA 424 and PUITÁ INTA-CL/AV 6716 and AV 6722) and light (white with coating, white, blue, green, yellow and red, shading of 86 and 93%). It was evaluated normal seedlings, shoot and root length, shoot and root dry weight and leaf area. Cultivars and biotypes studied have similar behavior against temperature and light during early development. The light, especially red wave length, has increased tolerance to cold in rice.

Index terms: environmental stress, germination, emergency, seedling.

Introdução

Baixas temperaturas é um dos principais limitantes para a produtividade do arroz em várias regiões do mundo (Hasthanasombut et al., 2011), as quais, por ocorrerem frequentemente durante o ciclo da cultura, se constituem em grave problema para o Rio Grande do Sul, Brasil, principalmente na zona sul do estado (Cruz e Millach, 2000).

A origem do arroz é tropical, onde temperaturas abaixo de 20 °C são prejudiciais em grande parte do ciclo da cultura, porém, nas fases de germinação, desenvolvimento de plântulas e período reprodutivo os danos são mais severos (Cruz e Millach, 2000). A ocorrência de temperaturas abaixo das mínimas tolerada para a cultura prejudica a germinação (Mertz et al., 2009) diminuindo ou atrasando-a (Martins et al., 2007) e pode atrasar a emergência das plântulas em mais de 20 dias, além destas apresentarem sintomas de clorose e baixa taxa de crescimento (Cruz e Millach, 2000).

Em períodos com temperaturas médias abaixo da faixa ótima para o desenvolvimento das culturas, pode ocorrer também reduzida intensidade de luz, decorrente de nebulosidade. Nas áreas produtivas de arroz no mundo, frequentemente ocorrem períodos de baixa luminosidade, que se constitui em restrição importante para a produtividade, principalmente nos trópicos do globo terrestre (Singh, 2000).

A luz é um recurso indispensável para os vegetais, sendo a fonte de energia para todo o crescimento e desenvolvimento dos mesmos, porém, além de ser essencial para a fotossíntese, atua também como um sinal ambiental que, ao ser percebido, desencadeia mudanças no metabolismo e no desenvolvimento das plantas (Jiao et al., 2007). Os efeitos da luz sobre uma comunidade de plantas, principalmente em termos de sinalização ambiental, não estão relacionados apenas com a magnitude do fluxo do fóton fotossintético, isto é, com a quantidade de luz, mas também com a direção, a duração e, em especial, com a qualidade da luz disponível às plantas (Majerowicz e Peres, 2004). A variação na qualidade de luz em uma comunidade vegetal ocorre principalmente em função da competição entre plantas (Merotto et al., 2009), porém há outros fatores que a causam, como a presença de cobertura vegetal morta sobre o solo.

Além da importância para o crescimento, desenvolvimento e percepção ambiental, estudos demonstraram que a luz possui ligação com uma série de outros processos nos vegetais, inclusive relacionados com a tolerância à estresses, tanto de origem biótica como abiótica (Svyatyna e Riemann, 2012). Neste sentido, a luminosidade e outros estímulos ambientais muitas vezes atuam em conjunto para desencadear respostas específicas no desenvolvimento dos vegetais (Jiao et al., 2007).

Estudos evidenciaram que a luz é um fator importante nos processos de proteção ao frio nas plantas, sendo responsável pela ativação de genes de resposta ao estresse e produção de reguladores de crescimento ligados à tolerância às baixas temperaturas, relatado, por exemplo, em centeio (Gray et al., 1997) e trigo (Majlath et al., 2012), que apesar de serem culturas hibernais, pertencem à mesma família botânica do arroz, podendo sugerir respostas semelhantes nesta cultura.

A avaliação da morfologia das plantas de arroz nos estádios iniciais de desenvolvimento, cultivadas em diferentes condições de temperatura e luz, pode ser útil para entendimento inicial da resposta da cultura frente a estes fatores atuando de forma conjunta. Tal avaliação deverá fornecer subsídio quanto a viabilidade e importância de estudos mais aprofundados, como de fisiologia vegetal e de biologia molecular, na compreensão destas respostas frente a estes fatores, que somados podem se configurar em passo importante para o desenvolvimento de novas estratégias com vista à atenuação dos prejuízos pelo frio nas fases iniciais da cultura do arroz irrigado, principalmente da germinação até o fim da fase de plântula.

O arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) é a principal planta daninha da cultura do arroz irrigado (Agostinetto et al., 2001). Entretanto, por ser da mesma espécie do arroz cultivado e não submetido à processos de seleção na busca de adaptabilidade e produtividade, se caracteriza como uma importante fonte de variabilidade genética, que além de servir ao melhoramento do arroz (Malone et al., 2007), pode auxiliar na compreensão das respostas das plantas a diferentes fatores do meio.

Com base no exposto, o objetivo do estudo foi avaliar a relação entre temperaturas e níveis de quantidade e qualidade de luz sobre o desenvolvimento inicial de duas cultivares de arroz irrigado e de dois biótipos de arroz vermelho.

Material e Métodos

Foram realizados dois experimentos, o primeiro no laboratório de análise de sementes Flávio Farias Rocha, do departamento de Fitotecnia, e o segundo em casa de vegetação do departamento de Fitossanidade, ambos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – FAEM, da Universidade Federal de Pelotas – UFPel, campus Capão do Leão - RS. A condução foi durante os meses de Julho a Novembro, do ano de 2012. As cultivares de arroz irrigado utilizadas foram: IRGA 424 e PUITÁ INTA-CL (PUITÁ), ambas de ampla utilização no estado do RS, e a primeira adaptada a regiões mais frias do estado, e biótipos de arroz vermelho AV 6716 e AV 6722, coletados em lavouras do sul do RS e multiplicados na safra anterior em área de várzea no Centro Agropecuário da Palma (CAP) da UFPel, no Município do Capão do Leão – RS.

O primeiro experimento foi conduzido em esquema fatorial 2x4x8, sendo o fator principal dois níveis de temperatura: 25 °C constantes – temperatura ótima para a germinação do arroz (Yoshida, 1981), e temperatura alternada de 18/13 °C por 13/11 horas (diurno/noturno), simulando condição de semeadura em época de baixas temperaturas no sul do RS. O segundo fator foi cultivar/biótipo, e o terceiro, luminosidade, com 8 níveis, onde além da testemunha (luz branca), foram testadas diferentes qualidades de luz (comprimento de onda), em quatro níveis (azul, verde, amarela e vermelha), e quantidade de luz (radiância), em 3 níveis (sombreamentos de 86 e 93% e escuro), totalizando 8 tratamentos de luminosidade.

Este experimento foi conduzido em câmara com temperatura e fotoperíodo controlados, do tipo BOD (*Biochemical Oxygen Demand*). Dez sementes de cada cultivar / biótipo foram semeadas em caixas de acrílico tipo gerbox (*germination box*), com substrato papel mataborrão prensado, umedecido cerca de 3,0 vezes o seu peso seco. O fotoperíodo foi de luz constante, na condição de

25 °C, e na condição de temperatura baixa (18/13 °C), foi fornecida luz somente durante o período com temperatura maior. As condições das temperaturas avaliadas foram obtidas através da calibração das câmaras de crescimento. Os tratamentos de luz foram impostos pelo recobrimento de cada gerbox com filme de celofane, das respectivas cores, para os tratamentos de qualidade de luz; Já, para a redução da intensidade luminosa, foram aferidas malhas específicas com o radiômetro *LiCor, inc.* modelo *LI-185B*, para os tratamentos de 86 e 93% de sombreamento e com papel aluminizado para condição de escuro (Tabela 1). Para minimizar outros efeitos do recobrimento das caixas gerbox, além da luminosidade, as testemunhas foram recobertas com celofane incolor. O delineamento experimental utilizado foi em faixas, cada BOD abrigou um tratamento de temperatura e cada prateleira um tratamento de luz. Utilizaram-se três repetições, considerando cada gerbox uma repetição. Entre cultivares / biótipos e repetições a casualização foi completa.

Aos 21 dias após semeadura, realizou-se a avaliação no experimento das seguintes variáveis: plântulas normais, comprimento da parte aérea e de raiz, área foliar e massa da matéria seca da parte aérea e de raízes. Somente as plântulas consideradas como normais foram avaliadas nas demais variáveis. Considerou-se normal, plântula com partes aérea e radicular desenvolvidas e proporcionais, segundo o critério das Regras de Análises de Sementes - RAS (Brasil, 2009), o resultado foi expresso em número. Nas variáveis comprimento da parte aérea e de raiz, foram medidas as plântulas com auxílio de régua milimetrada, sendo que para raiz considerou-se a principal, e o valor médio por plântula expresso em milímetros. Para determinação da área foliar, a parte aérea das plântulas foi destacada e, com o auxílio do determinador eletrônico *LiCor* Modelo *Li 3100* realizou-se a leitura conjunta de todas as plântulas de cada repetição, dividindo-se o resultado pelo número de plântulas normais de cada unidade experimental, e o resultado expresso em centímetros quadrados por plântula. Para as variáveis massa da matéria seca de parte aérea e de raízes, estes tecidos de todas as plântulas de cada repetição foram reunidos, em saco de papel, e levados à estufa regulada a 65 °C por um período de 72 horas, quando foram retiradas, resfriadas em

desumidificador e pesadas em balança de precisão. O resultado foi expresso em miligramas por plântula.

O segundo experimento foi conduzido em casa de vegetação com esquema fatorial 2x4x8, onde o fator principal foi época de semeadura: primeira quinzena de agosto, que apresentou temperatura média diária de 25 °C e média diária mínima de 10 °C, e a segunda quinzena de novembro, com média diária 35 °C e média diária mínima de 29 °C. O segundo fator foi cultivar / biótipo, com as mesmas cultivares / biótipos do primeiro experimento, e o terceiro fator foi luminosidade, o qual consistiu de 8 níveis diferentes de qualidade e quantidade de luz [luz branca sem celofane, luz branca (com celofane), azul, verde, amarela e vermelha e sombreamentos de 86% e de 93%].

A semeadura das cultivares / biótipos foi efetuada em vasos com capacidade volumétrica de 200 mL, preenchidos com solo de área orizícola. Foram semeadas cinco sementes por vaso, e após a emergência realizou-se desbaste, deixando-se somente três plântulas por unidade experimental. Os vasos foram colocados dentro de bandejas plásticas, as quais foram mantidas com lâmina de água de aproximadamente 3,0 cm, dando-se desta forma a irrigação por capilaridade. Para os tratamentos de luz, os vasos foram cobertos em espaço volumétrico que as plântulas possivelmente ocupariam, com filmes de celofane de diferentes cores ou tela de diferentes níveis de sombreamento, dependendo do tratamento, sobre arcos de arame. Os celofanes foram trocados a cada 02 dias. O delineamento utilizado foi em faixas, sendo que cada tratamento de luz foi representado por bandeja com todas as cultivares / biótipos e quatro repetições. Dentro de cada bandeja a casualização foi completa. Concomitantemente à condução do experimento, foram realizadas aferições diárias das temperaturas em cada tratamento de luminosidade, entre 9:00 e 10:00 horas da manhã (Tabela 1 e Figura 1).

As variáveis avaliadas neste experimento foram: comprimento da parte aérea e de raiz, área foliar e massa da matéria seca da parte aérea e de raízes, as quais foram aferidas de forma idêntica ao experimento em câmara de crescimento, aos 16 dias após a semeadura, após retirar-se as plantas

dos vasos e lavar-se o solo de suas raízes. O motivo da avaliação aos 16 dias é que as plantas alcançaram uma estatura limitante ao espaço disponível, além de a maioria ter chegado ao estágio de três folhas, ultrapassando a fase de desenvolvimento inicial, objeto do estudo.

Tabela 1. Caracterização dos tratamentos dos experimentos em câmara de crescimento e casa de vegetação quanto à luz e temperatura.

Tratamento de luz	Atenuação de quant. de luz ² (%)	Temperaturas médias exp. casa veg. (°C)	
		1ª Época	2ª Época
Branca com recob. ^{2,3}	0	25	38
Branca sem recob. ³	0	24	32
Azul ^{2,3}	-	25	37
Verde ^{2,3}	-	25	38
Amarela ^{2,3}	-	25	36
Vermelha ^{2,3}	-	25	37
Tela 1 ^{2,3}	86	23	32
Tela 2 ^{2,3}	93	24	31
Escuro ²	100	-	-
Média		25	35

¹ calculado após leitura com radiômetro; ² exp. câmara de crescimento; ³ exp. casa de vegetação;

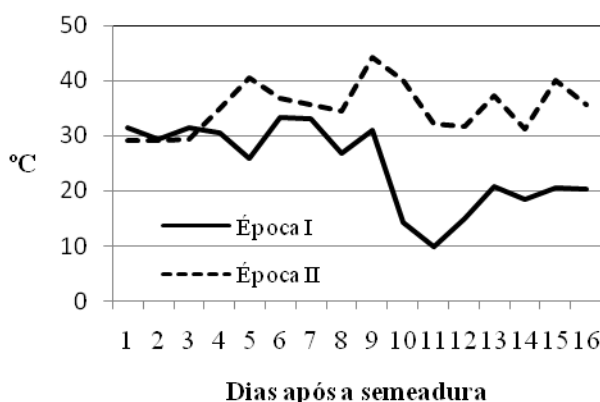


Figura 1. Temperaturas diárias, média de leituras de todos os tratamentos de luz, do experimento em casa de vegetação.

Com o auxílio do radiômetro *Li-cor, inc.* modelo LI-185B realizou-se leitura da irradiância em cada ambiente de luz nos dois experimentos (Tabela 1). Os resultados foram tabulados e submetidos à análise de variância. Após a detecção de interação entre os fatores realizou-se o teste de médias de DMS de Fischer, a 5% de probabilidade de erro. Em função do objetivo do estudo, somente foram apresentadas as variáveis em que foi significativa a interação entre temperatura e

luz, sendo omitidos os resultados quando ocorrida a interação de somente um destes fatores com cultivares/biótipos ou quando não houve interação entre os fatores.

Resultados e Discussão

Os efeitos da interação temperatura x cultivar/biótipo x luz, foram significativos para a variável comprimento de raiz, no experimento conduzido em câmara de crescimento (Tabela 2). Em geral, menores valores foram observados na condição de 18/13 °C, quando comparado com a temperatura de 25 °C constantes, exceto para o tratamento escuro, onde a cultivar IRGA 424 e o biótipo de arroz vermelho AV 6722 não apresentaram diferença para esta variável entre as temperaturas.

Tabela 2: Comprimento de raiz de cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho em função de temperaturas e luz, avaliados aos 21 dias após a semeadura em câmara de crescimento.

Tratamento	Comprimento de Raiz (cm)							
	13/18 °C				25 °C			
	IRGA 424	PUITÁ	AV 6716	AV 6722	IRGA 424	PUITÁ	AV 6716	AV 6722
Luz branca(t)	d 0,01 ¹ A	cd 0,63 A	cde 0,80 A	d 0,53 A	a 4,73 ¹ B *	ab 4,40 B*	b 4,57 B*	ab 6,23 A*
Luz azul	cd 0,97 A	bcd 1,30 A	bcde 1,30 A	cd 1,37 A	a 4,67 AB*	ab 4,83 AB*	bc 4,10 B*	abc 5,47 A*
Luz verde	d 0,53 A	bcd 0,90 A	de 0,67 A	d 0,37 A	b 3,50 B*	b 3,76 AB*	c 3,20 B*	c 4,97 A*
Luz amarela	d 0,17 A	cd 0,83 A	e 0,60 A	d 0,70 A	a 5,00 A*	a 5,53 A*	b 4,60 A*	abc 5,53 A*
Luz vermelha	d 0,46 A	cd 0,80 A	bcde 1,10 A	d 0,83 A	a 5,03 A*	a 4,70 A*	bc 4,16 A*	abc 5,23 A*
Sombr. 86%	b 2,20 A	b 2,06 A	abc 1,93 A	bc 2,37 A	ab 4,46 A*	ab 4,26 A*	bc 4,26 A*	abc 5,20 A*
Sombr. 93%	bc 1,90 A	bc 2,00 A	abcd 1,83 A	b 3,00 A	ab 4,10 AB*	b 3,70 B*	c 4,33 AB*	bc 5,17 A*
Escuro	a 3,87 BC	a 4,10 B	a 2,87 C	a 7,40 A	ab 4,37 B ^{ns}	a 5,53 AB*	a 6,67 A*	a 6,40 A ^{ns}
Média	3,17							
C.V. (%)	23,83							

¹Médias antecedidas de letras minúsculas comparadas nas colunas e seguidas de maiúsculas nas linhas, quando distintas, dentro de cada temperatura, diferem entre si. ^{ns} e * representam respectivamente não significativo e significativo entre mesmas cultivares / biótipos e mesmo tratamento de luz, porém em diferentes temperaturas, pelo teste DMS de Fisher (p≤0,05).

O comprimento de raiz apresentou variação entre as médias observadas nos tratamentos para as cultivares e biótipos. IRGA 424 e PUITÁ INTA-CL, a 18/13 °C, apresentaram maiores valores no tratamento escuro e menores no de luz branca. Já, para AV 6716 e AV 6722, nesta temperatura, os maiores valores também ocorreram no escuro, porém, os menores foram para os tratamentos de luz amarela e verde, não diferindo dos tratamentos de luz branca, azul e vermelha.

Para a temperatura de 25 °C, IRGA 424 mostrou maior valor de comprimento de raiz no tratamento luz vermelha, não diferindo dos demais tratamentos, exceto para luz verde. Para a cultivar PUITÁ INTA-CL, no tratamento escuro ocorreu maior valor, e o tratamento com 93% de sombreamento apresentou o menor, não diferindo da luz verde. Os biótipos de arroz vermelho também apresentaram elevado valor de comprimento de raiz no escuro, já, valores menores foram observados para luz verde e 93% de sombreamento.

De forma geral, na ausência de luz (escuro) houve os maiores comprimentos de raiz nas duas temperaturas, porém, mais destacadamente quando sob temperatura baixa; e no tratamento de luz verde ocorreram os menores valores na temperatura de 25 °C.

Para as variáveis: número de plântulas normais, comprimento de parte aérea, massa da matéria seca da parte aérea e massa da matéria seca de raízes houve interação entre temperatura e luz (Tabela 3). Em baixa temperatura ocorreram menores valores em todas as variáveis, independentemente da luz, à exceção em número de plântulas normais, que sob sombreamentos e escuro não houve diferença entre temperaturas.

Tabela 3: Valores médios, por gerbox, de número de plântulas normais, e por plântula de comprimento de parte aérea (CPA), em centímetros, massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR), em miligramas, de cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho, em função de temperaturas e luz, avaliados aos 21 dias após a semeadura.

Tratamento	Número de plântulas normais		CPA (cm.plântula ⁻¹)		MSPA (mg.plântula ⁻¹)		MSR (mg.plântula ⁻¹)	
	18/13 °C	25 °C	18/13 °C	25 °C	18/13 °C	25 °C	18/13 °C	25 °C
Luz branca	d 2,67 B	a 8,58* A	d 0,34 B	b 6,17 A	c 0,53 B	a 4,07 A	cd 0,34 B	a 2,67 A
Luz azul	c 4,75 B	a 8,42 A	cd 0,70 B	ab 6,55 A	ab 1,50 B	a 4,23 A	bc 0,75 B	a 2,48 A
Luz verde	cd 3,83 B	a 7,75 A	d 0,45 B	b 6,07 A	c 0,38 B	abc 3,50 A	a 1,41 B	ab 2,25 A
Luz amarela	cd 3,83 B	a 8,42 A	cd 0,87 B	b 6,10 A	c 0,32 B	a 4,03 A	d 0,22 B	a 2,62 A
Luz vermelha	c 4,00 B	a 8,83 A	cd 0,65 B	ab 6,51 A	bc 0,65 B	ab 3,91 A	b 0,88 B	ab 2,25 A
86% sombr.	a 8,42 A	a 7,95 A	ab 1,98 B	c 5,04 A	abc 1,25 B	c 2,84 A	cd 0,35 B	c 1,45 A
93% sombr.	a 7,42 A	a 7,92 A	bc 1,57 B	c 4,49 A	bc 0,89 B	bc 3,01 A	b 0,87 B	bc 1,86 A
Escuro	a 8,50 A	a 8,75 A	a 2,58 B	a 6,99 A	a 2,00 B	a 4,28 A	cd 0,41 B	a 2,32 A
Média	6,90		3,57		2,34		1,44	
C.V. (%)	22,85		28,14		49,24		38,53	

*Médias antecedidas de letras minúsculas comparadas nas colunas e seguidas de maiúsculas nas linhas, para uma mesma variável, quando distintas diferem pelo teste DMS de Fisher ($p \leq 0,05$).

Em número de plântulas normais, a 18/13 °C o menor valor foi verificado sob luz branca, e os maiores sob sombreamentos e escuro, que não diferiram entre si, já a 25 °C nenhum dos tratamentos de luz diferiu. Para comprimento de parte aérea, o escuro resultou nos maiores valores nas duas temperaturas, não diferindo de 86% de sombreamento, a 18/13 °C, e de luzes azul e vermelha, a 25 °C. Nesta mesma variável, a 18/13 °C, não se destacaram tratamentos com menores valores pelas classes de médias, já a 25 °C, os níveis de sombreamento resultaram nos menores comprimentos de parte aérea. Quanto a massa da matéria seca da parte aérea, escuro novamente causou os maiores valores nas duas temperaturas. Sob temperatura baixa, não diferiu de azul e 86% de sombreamento, que teve luzes branca, verde e amarela nas classes de médias inferiores. Por outro lado, a 25 °C, escuro só diferiu dos tratamentos de sombreamento, que apresentaram os menores valores.

A variável massa da matéria seca de raízes, principalmente a 18/13 °C, consistiu na exceção, em que o maior valor não foi sob tratamento de escuro, mas sob luz verde. Nesta mesma temperatura, a menor massa da matéria seca de raízes se deu sob luz amarela. Já na condição de 25 °C, o escuro esteve novamente na classe de médias superior, mas o maior valor se deu sob luz branca, diferindo dos sombreamentos de 93 e 86%, sendo este último o tratamento que apresentou o menor valor. De modo geral, os valores de massa da matéria seca de raízes não foram proporcionais aos de comprimento de raiz, nos tratamentos de luz.

Baixas temperaturas provocam, na maioria das vezes, inibição do crescimento de raízes, reduzindo o fornecimento de água, nutrientes e reguladores de crescimento produzidos por este órgão, como as citocininas, à parte aérea, o que representa um dos principais fatores que levam à perdas de produtividade pelo frio (Vaseva et al., 2009). Por outro lado, a redução no crescimento, não só de raízes, como da parte aérea, evidenciada sob baixas temperaturas, é tida também como uma resposta a vários tipos de estresses, essencial para a manutenção de um equilíbrio hormonal na planta (Majlath et al., 2012).

O comportamento de maior crescimento de raízes na condição de escuro, ou de sombreamento, é oposto do esperado, devido ao crescimento da parte aérea se configurar em um dreno, que limita o crescimento radical (Majerowicz e Peres, 2004), e quando esta priorização não ocorre, podem faltar reservas para que a plântula consiga crescer a ponto de evitar a falta de luz no ambiente natural. Logo, pelos valores desta variável no tratamento escuro serem ainda maiores quando em baixas temperaturas, evidencia-se, de forma análoga às hipóteses deste estudo, que os prejuízos da falta de luz também são aumentados quando em condição de frio.

O contraste observado entre os tratamentos de luz e o de escuro, ou sombreamentos, nos valores das variáveis comprimento de parte aérea e massa da matéria seca da parte aérea, é maior na condição de baixa temperatura, onde a 25 °C a diferença no comprimento de parte aérea entre luz branca e escuro é de aproximadamente 13%, já a 18/13 °C esta diferença ultrapassa 750%. Este resultado enfatiza que além do estiolamento, o maior crescimento induzido pela falta de luz, outros fatores contribuem para as diferenças entre crescimento sob luz e escuro (ou sombreamentos), quando em temperaturas abaixo das ótimas para o desenvolvimento das plantas. Entre eles o já mencionado fenômeno de redução do crescimento visando ajuste ao estresse (Penfield, 2008), neste caso, estresse por baixa temperatura, que demonstrou ser atuante quando na presença de luz. Em pesquisa com cevada, maior tolerância ao frio foi observada em plantas com menor estatura, que foram aclimatadas à baixa temperatura e maior intensidade de luz, em contraste àquelas que foram aclimatadas à mesma temperatura, porém sob menor luminosidade, que apresentaram maior crescimento, entretanto tolerância 52% menor ao frio (Gray et al., 1997).

Quanto ao experimento em casa de vegetação, apesar da temperatura média da primeira época ter sido de 25 °C, houve temperaturas diárias abaixo do ótimo para o pleno desenvolvimento de plântulas de arroz, que estão entre 20 e 25 °C (Yoshida, 1981), com maior destaque para o período entre o 10º e 12º dia de condução (Figura 1).

A variável comprimento de parte aérea apresentou interação entre os fatores estudados (Tabela 4). As cultivares/biótipos na maioria dos tratamentos de luz apresentaram menor valor desta

variável na primeira época, possivelmente em virtude da menor temperatura média ocorrida (Tabela 1), entretanto, houve exceção nos tratamentos de luz azul, amarela e vermelha, em que esta última não diferiu entre épocas para nenhuma das cultivares ou biótipos.

Tabela 4. Comprimento de parte aérea por plântula, em duas épocas de cultivo, de cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho em função de temperaturas e luz, avaliados aos 16 dias após a semeadura e condução em casa de vegetação.

Comprimento da parte aérea (cm)								
Tratamento	Primeira época				Segunda época			
	IRGA 424	PUITÁ	AV 6716	AV 6722	IRGA 424	PUITÁ	AV 6716	AV 6722
Luz branca	d 9,47 C	c 11,80 AB	c 9,95 BC	e 12,28 A	b 14,26 B*	b 18,52 A*	b 13,90 B*	b 17,86 A*
Luz branca (c/f)	ab 13,72 C	a 16,07 AB	a 14,17 BC	bcd 16,51 A	c 10,57 A*	d 11,77 A*	d 9,58 A*	d 11,09 A*
Luz azul	abc 12,33 B	bc 13,33 B	a 13,26 B	ab 18,25 A	c 10,74 A ^{ns}	d 11,87 A ^{ns}	cd 11,46 A ^{ns}	cd 12,74 A*
Luz verde	abc 12,31 C	ab 15,26 AB	a 13,05 BC	bcd 16,26 A	c 9,47 B*	d 11,24 B*	d 9,62 B*	c 13,92 A*
Luz amarela	ab 13,47 B	a 16,97 A	a 14,55 B	abc 16,96 A	b 15,59 B ^{ns}	b 19,09 A*	bc 12,81 C ^{ns}	b 19,16 A*
Luz vermelha	a 14,14 B	a 16,25 B	a 14,18 B	a 18,73 A	b 14,97 B ^{ns}	c 16,39 B ^{ns}	b 14,33 B ^{ns}	b 18,82 A ^{ns}
86% sombr.	cd 10,24 B	bc 13,29 A	ab 12,57 A	cd 14,78 A	a 19,86 B*	a 23,32 A*	a 19,20 B*	a 24,05 A*
93% sombr.	d 8,87 B	c 12,93 A	bc 10,50 B	d 14,65 A	a 19,34 B*	a 23,42 A*	a 18,40 B*	a 25,34 A*
Média	14,82							
C.V. (%)	10,25							

¹Médias antecedidas de letras minúsculas comparadas nas colunas e / ou seguidas de maiúsculas nas linhas, quando distintas, dentro de cada temperatura, diferem entre si; ^{ns} e * representam respectivamente não diferença e diferença significativa, e comparam médias entre mesmas cultivares / biótipos e mesmo tratamento de luz, porém em diferentes temperaturas, todos pelo teste DMS de Fisher ($p \leq 0,05$).

Em ambas as épocas, as cultivares e biótipos apresentaram comportamento similar para os tratamentos. Na primeira época, no tratamento luz vermelha observaram-se maiores valores para IRGA 424 e AV 6722, e luz amarela para PUITA INTA-CL e AV 6716, porém, em geral, não ocorreram diferenças significativas entre qualidades de luz. Ainda, para IRGA 424, o menor comprimento de parte aérea foi sob sombreamento de 93%, já para os demais genótipos, foi sob luz branca. Na segunda época os maiores comprimentos de parte aérea se deram sob os dois tratamentos de sombreamento, que diferiram de todos os demais. Quanto aos menores valores, para as cultivares ocorreram no tratamento verde, porém, não diferiu de luz branca com filme e azul.

Para os biótipos de arroz vermelho, observou-se menores valores sob luz branca com filme, que para AV 6716 não diferiu das luzes azul e verde e para AV 6722 não diferiu somente da luz azul.

Para comprimento de raiz, massa da matéria seca da parte aérea, massa da matéria seca de raízes e área foliar, cada variável apresentou comportamento diferencial em função da temperatura e luz (Tabela 5). Somente nos tratamentos de luz branca sem filme, verde e sombreamento de 93%, observou-se um padrão de crescimento para todas as variáveis, que foram maiores em temperatura mais alta (segunda época) para a luz branca e sombreamento de 93%, e, que chama a atenção, maior em temperatura mais baixa (primeira época) para a luz verde.

Tabela 5. Valores médios de comprimento de raiz (CR), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) e área foliar em duas épocas, de cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho em função de temperaturas e luz, avaliados aos 16 dias após a semeadura, conduzido em casa de vegetação.

Tratamento	CR		MSPA		MSR		Área Foliar	
	(cm)		(mg.plântula ⁻¹)		(mg.plântula ⁻¹)		(cm ² .plântula ⁻¹)	
	1ª época	2ª época	1ª época	2ª época	1ª época	2ª época	1ª época	2ª época
Luz branca	bc 11,39* B	a 16,26 A	d 12,70 B	ab 28,65 A	cd 10,64 B	a 26,25 A	d 1,38 B	b 2,91 A
Luz branca c/r	a 13,17 A	e 8,83 B	a 19,44 A	d 17,16 A	bcd 10,96 A	c 11,16 A	bc 2,00 A	e 1,33 B
Luz azul	ab 12,52 A	c 11,91 A	bc 16,15 A	e 13,69 A	abc 12,31 A	c 11,54 A	a 2,99 A	d 1,92 B
Luz verde	a 12,94 A	e 8,30 B	ab 18,13 A	e 14,03 B	a 14,18 A	e 7,45 B	b 2,27 A	e 1,35 B
Luz amarela	a 13,27 A	c 12,47 A	a 19,78 B	a 30,89 A	ab 13,62 B	b 18,66 A	bc 1,92 B	c 2,46 A
Luz vermelha	a 13,48 A	d 10,57 B	a 19,48 A	c 22,24 A	a 13,97 B	b 16,82 A	a 2,71 A	bc 2,59 A
86% sombr.	bc 11,61 A	c 12,56 A	cd 14,06 B	a 30,88 A	d 9,12 B	b 16,14 A	c 1,84 B	a 3,86 A
93% sombr.	c 10,47 B	b 14,20 A	d 12,54 B	b 27,80 A	d 8,97 B	b 16,49 A	cd 1,63 B	a 3,80 A
Média	12,21		19,98		13,77		2,32	
C.V. (%)	14,55		19,50		27,74		21,26	

*Médias antecedidas de letras minúsculas comparadas nas colunas e seguidas de maiúsculas nas linhas, dentro da mesma variável, quando distintas diferem pelo teste DMS de Fisher ($p \leq 0,05$).

O comprimento de raiz, na primeira época, foi maior sob luz vermelha, diferindo apenas da luz branca, e dos tratamentos com sombreamento de 86 e 93%, sendo este último o tratamento que causou menor valor. Na segunda época, a luz branca apresentou maior valor para a variável comprimento de raiz, diferindo dos demais tratamentos. Também, nesta época, a luz verde e branca

com recobrimento foram os tratamentos que apresentaram os menores valores, respectivamente, não diferindo entre si.

Para a variável massa da matéria seca da parte aérea a luz amarela causou maior massa, que não diferiu de luz branca com recobrimento, verde e vermelha, na primeira época, onde luz branca e sombreamentos foram os tratamento com os menores valores. Na segunda época, novamente luz amarela, não diferindo de luz branca e 86% de sombreamento, causou maior massa da matéria seca da parte aérea. Luzes azul e verde foram os tratamentos que causaram os menores valores nesta época. Quanto a massa da matéria seca de raízes, na primeira época os quatro níveis de qualidade de luz não diferiram entre si, e os sombreamentos ocasionaram os menores valores, junto com os dois tratamentos de luz branca. Já, na segunda época, de forma bastante destacada, luz branca e verde ocasionaram, respectivamente, maior e menor valor na variável, ambos diferindo dos demais. Em relação à área foliar, na primeira época luzes azul e vermelha ocasionaram os maiores valores e luz branca o menor, e na segunda época, sombreamentos causaram maior área foliar, sendo que menores valores se deram sob luz branca com filme e luz verde.

De modo geral, destaca-se que sob temperatura mais baixa (1ª época), a luz vermelha esteve entre tratamentos que ocasionaram os maiores valores em todas as variáveis, não diferindo, entretanto, dos demais tratamentos de qualidade de luz para as três primeiras variáveis (exceção de azul em massa da matéria seca da parte aérea), e não diferiu de luz azul para área foliar. Na segunda época a luz verde esteve entre os tratamentos com menor valor em todas as variáveis.

Quanto ao comprimento de parte aérea, o fato das plantas terem crescido de forma similar, nos tratamentos de luz azul, amarela e principalmente vermelha, entre os períodos de condução, mesmo com diferença de mais de 10 °C, pode indicar uma forte contribuição destes comprimentos de onda na tolerância às baixas temperaturas. Há indícios que o papel da luz na aclimação à baixa temperatura seja mediado através de fitocromos (Olsen et al., 1997), que regulariam positivamente a expressão de genes de tolerância ao estresse. Considerando que este fotorreceptor possui pico de absorção nos comprimentos de onda do azul, e principalmente no vermelho (Majerowicz e Peres,

2004) justifica-se o menor prejuízo da baixa temperatura ao arroz quando sob estes comprimentos de onda.

Em relação ao comprimento de raiz e massa da matéria seca de raízes, as raízes são tecidos pouco estudados frente à resposta à luz, possivelmente por esta ser percebida pela parte aérea, já que em condições naturais as raízes das plantas se encontram sob o solo, isto é, praticamente sob escuro, entretanto, Molas et al. (2006) ao irradiar plântulas de *Arabidopsis* com luz vermelha evidenciou que nestes tecidos houve expressão de uma série genes, que na parte aérea já eram conhecidos quando sob este espectro de luz. Entretanto não se conhece esta resposta associada à temperatura.

Para a área foliar, em que na primeira época as cores azul e vermelho mostraram maiores valores, esta resposta já havia sido relatada em *Ocimum gratissimum* Lineu (Martins et al., 2009); já na segunda época, onde foram os sombreamentos que induziram o aumento da área foliar, este é o comportamento normalmente observado nessa condição, vez que há necessidade das plantas de ampliar a superfície fotossintetizante para maximizar a absorção luminosa, sendo evidenciado em *Arachis pintoii* e *Brachiaria decumbens* (Gobbi et al., 2011), porém não observado em *Sorghum bicolor* (Dan et al., 2010). Evidentemente tal resposta é variável com a espécie e nível de sombreamento, observando-se inclusive diferenças entre cultivares da mesma espécie, como em *Brachiaria brizantha* (Martuscello et al., 2009).

Por fim, a maior massa da matéria seca da parte aérea sob luz vermelha pode ser atribuída como uma consequência dos maiores comprimento de parte aérea e área foliar, que geralmente permitem à planta maior capacidade de fotossíntese e assim acúmulo de fitomassa. Para algodoeiro a relação entre massa seca de folhas e área foliar é tamanha, que é possível se estimar a área foliar através da pesagem da massa seca, com exatidão e precisão, e com um erro inferior a 2% (Monteiro et al., 2005), porém não se testou tal relação em função de tipos de luz.

Em relação à luz verde, esta se demonstrou inibidora de crescimento em condições de elevada temperatura, conforme observado nas variáveis massa da matéria seca da parte aérea, massa

da matéria seca de raízes e área foliar do experimento de casa de vegetação e na variável comprimento de raiz de ambos experimentos. Por outro lado, a luz verde afetou positivamente a multiplicação *in vitro* de *Rubus idaeus* L. (Erig e Schuch, 2005). Portanto, tais resultados, de inibição e estímulo pela luz verde, contrariam sua vasta utilização como luz para a montagem e avaliação de experimentos com luminosidade, pela sua suposta ação neutra, ou reduzida, sobre as plantas, como a “luz verde de segurança” (Abud et al., 2010).

Em se tratando das cultivares e biótipos, a interação entre os fatores temperaturas x cultivar/biótipo x luz foi observada somente em duas variáveis neste estudo (Tabelas 2 e 4), em que o biótipo AV 6722 se mostrou superior, porém, deve-se observar, de forma independente da temperatura ou luz, permitindo atribuir este desempenho ao alto vigor inicial intrínseco deste biótipo, bastante característico em arroz vermelho (Agostinetto et al., 2001). Neste sentido, pode-se evidenciar que as cultivares e biótipos estudados são similares quanto ao comportamento frente à temperatura e luz.

Salienta-se que, muitas vezes, as cultivares possuem acessos em comum no banco de germoplasma a partir do qual foram desenvolvidas, tornando-as semelhantes em algumas características ou nas respostas ao ambiente; já, quanto ao arroz vermelho, estudo evidenciou que alguns biótipos apresentaram determinado nível de similaridade com o cultivado, posicionando-se em determinadas características como intermediários entre grupos de cultivares, mostrando que o arroz vermelho está em constante processo de evolução e associação com a principal cultura que infesta (Streck et al., 2008), mas tornando-se similar também devido a taxa normal de cruzamento que ocorre entre arroz cultivado e daninho.

Desta forma, em relação à semelhante resposta frente à luz verificada entre as cultivares e biótipos nas condições de temperatura estudadas, sugere-se que provavelmente seja uma característica, até então, pouco selecionada pelo melhoramento genético, e até naturalmente ou por pressão indireta do homem, em se tratando do arroz vermelho. Isto remete que há um vasto caminho

a se seguir quanto ao melhoramento das plantas nas características de percepção da luz relacionada à sinalização para a tolerância à estresses ambientais.

Conclusões

O desenvolvimento inicial, das cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho, é estimulado pela luz vermelha, sob temperatura mais baixa, e inibido pela luz verde em temperatura mais alta.

Baixa temperatura prejudica o desenvolvimento inicial das cultivares e biótipos.

As cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho estudados têm comportamento semelhante frente à luz e temperatura durante o desenvolvimento inicial.

A luz, em especial no comprimento de onda do vermelho, promove o aumento na tolerância ao frio em arroz.

Agradecimentos

À CAPES e ao CNPq, pela concessão de bolsas de estudos.

Referências

- ABUD, H.F.; GONÇALVES, N.R.; REIS, R. de G.E.; PEREIRA, D. de S.; BEZERRA, A.M.E. Germinação e expressão morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Pilosocereus pachycladus* Ritter. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, n.3, p.468-474, 2010. <http://www.scielo.br/pdf/rca/v41n3/v41n3a21.pdf>
- AGOSTINETTO, D.; FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; MEROTTO Jr, A.; VIDAL, R.A. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. *Ciência Rural*, v.31, n.2, p.341-349, 2001. <http://www.scielo.br/pdf/%0D/cr/v31n2/a26v31n2.pdf>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- CRUZ, R.P. da; MILLACH, S.C.K. Melhoramento genético para tolerância ao frio em arroz irrigado. Revisão Bibliográfica. *Ciência Rural*, v.30, n.5, p.909-917, 2000. <http://www.scielo.br/pdf/cr/v30n5/a31v30n5.pdf>
- DAN, H.A.; CARRIJO, M.S.; CARNEIRO, D.F.; COSTA, K.A. de P.; SILVA, A.G. Desempenho de plantas sorgo granífero sobre condições de sombreamento. *Acta Scientiarum, Agronomy*, v.32, n. 4, p.675-679, 2010. <http://www.scielo.br/pdf/asagr/v32n4/a15v32n4.pdf>
- ERIG, A.C; SCHUCH, M.W. Tipo de luz na multiplicação *in vitro* de framboeseira (*Rubus idaeus* L.) 'Batum'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.27, n.3, p.488-490, 2005. <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbf/v27n3/27803.pdf>
- GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M.C.; GARCEZ NETO, A.F.; ROCHA, G.C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.7, p.1436-1444, 2011. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v40n7/a06v40n7.pdf>
- GRAY, G.R.; CHAUVIN, L.P.; SARHAN, F.; HUNER, N.P.A. Cold acclimation and freezing tolerance (a complex interaction of light and temperature). *Plant Physiology*, v.114, p.467-474, 1997. <http://www.plantphysiol.org/content/114/2/467.full.pdf+html>
- HASTHANASOMBUT, S.; PAISARNWIPATPONG, N.; TRIWITAYAKORN, K.; CHALERMPOL KIRDMANEE, C.; and SUPAIBULWATANA, K. Expression of OsBADH1 gene in Indica rice (*Oryza sativa* L.) in correlation with salt, plasmolysis, temperature and light stresses. *Plant Omics Journal* v.4, n.7, p.400-407, 2011. http://www.pomics.com/hastanasombut_4_7_2011_400_407.pdf
- JIAO, Y.L.; LAU, O.S.; DENG, X.W. Light-regulated transcriptional networks in higher plants. *Nature Reviews Genetics*, v.8, n.3, p.217-230, 2007. <http://www.nature.com/nrg/journal/v8/n3/abs/nrg2049.html>
- MAJEROWICZ, N. Fotossíntese in KERBAUY, G.B. *Fisiologia vegetal*. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. p.114-178.
- MAJEROWICZ, N.; PERES, L.E.P. Fotomorfogênese em plantas in KERBAUY, G.B. *Fisiologia vegetal*. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. p.421-438.

- MAJLÁTH, I.; SZALAI, G.; SOÓS, V.; SEBESTYÉN, E.; BALÁZS, E.; VANKOVÁ, R.; DOBREV, P.I.; TARI, I.; TANDORI, J.; JANDA, T. Effect of light on the gene expression and hormonal status of winter and spring wheat plants during cold hardening. *Physiologia Plantarum*, v.145, p.296–314, 2012. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.2012.01579.x/abstract;jsessionid=19C403A0F2662C4A0AFEE994CB26A19A.d03t01?deniedAccessCustomisedMessage=&userIsAuthenticated=false>
- MALONE, G.; ZIMMER, P.D.; MENEGHELLO, G.E.; DE CASTRO, M.A. da S.; PESKE, S.T. Expressão diferencial de isoenzimas durante o processo de germinação de sementes de arroz em grandes profundidades de semeadura. *Revista Brasileira de Sementes*, v.29, n.1, p.61-67, 2007. <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbs/v29n1/09.pdf>
- MARTINS, A.F.; VIEIRA, E.A.; KOPP, M.M.; LUZ, V.K. da; CARVALHO, M.F. de; BRANCO, J.S.C.; CRUZ, R.P. da; CARVALHO, F.I.F. de; OLIVEIRA, A.C. de. Caracterização de famílias mutantes de arroz para tolerância ao frio nos períodos vegetativo e reprodutivo. *Bragantia*, v.66, n.2, p.227-233, 2007. <http://www.scielo.br/pdf/%0D/brag/v66n2/06.pdf>
- MARTINS, J.R.; ALVARENGA, A.A.; DE CASTRO, E.M.; DA SILVA, A.P.O.; OLIVEIRA, C.; ALVES, E. Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. *Ciência Rural*, v.39, n.1, p.82-87, 2009. <http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n1/a40cr193.pdf>
- MARTUSCELLO, J.A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M.M.; LAURA, V.A.; CUNHA, D. de N.F.V. da. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.7, p.1183-1190, 2009. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v38n7/v38n7a04.pdf>
- MEROTTO Jr., A.; FISCHER, A.J. e VIDAL, R.A. Perspectives for using light quality knowledge as an advanced ecophysiological weed management tool. *Planta Daninha*, v. 27, n. 2, p. 407-419, 2009. <http://www.scielo.br/pdf/pd/v27n2/25.pdf>
- MERTZ, L.M.; HENNING, F.A.; SOARES, R.C.; BALDIGA, R.F.; PESKE, F.B.; MORAES, D.M. de. Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. Nota científica. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.2, p.254-262, 2009. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v31n2/v31n2a31.pdf>
- MOLAS, M.L.; KISS, J.Z.; CORREL, M.J. Gene profiling of the red light signaling pathways in roots. *Journal of Experimental Botany*, v.57, n.12, p.3217-3229, 2006. <http://jxb.oxfordjournals.org/content/57/12/3217.full.pdf+html>
- MONTEIRO, J.E.B.A.; SENTELHAS, P.C.; CHIAVEGATO, E.J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A.V.; PRELA, A. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. *Bragantia*, v.64, n.1, p.15-24, 2005. <http://www.scielo.br/pdf/%0D/brag/v64n1/23848.pdf>
- OLSEN, J.E.; JUNTILA, O.; NILSEN, J.; ERIKSSON, M.E.; MARTINUSSEN, I.; OLSSON, O.; SANDBERG, G.; MORITZ, T. Ectopic expression of phytochrome A in hybrid aspen changes critical day length for growth and prevents cold acclimation. *Plant Journal*, v.12, p.1339-1350, 1997. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-313x.1997.12061339.x/pdf>
- PENFIELD, S. Temperature perception and signal transduction in plants. *New Phytologist*, v.179, p. 615–628, 2008. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2008.02478.x/pdf>
- SINGH, S. Growth, yield and biochemical response of rice genotypes to low light and high temperature-humidity stress. *Oryza*, v.37, n.1, p.35-38, 2000.

STRECK, N.A.; MICHELON, S.; KRUSE, N.D.; BOSCO, L.C.; LAGO, I.; MARCOLIN, E.; PAULA, G.M. de; SAMBORANHA, F.K. Comparação de parâmetros de crescimento e de desenvolvimento de dois biótipos de arroz vermelho com genótipos de arroz irrigado. *Bragantia*, v.67, n.2, p.349-360, 2008. <http://www.scielo.br/pdf/brag/v67n2/a10v67n2.pdf>

SVYATYNA, K.; RIEMANN, M. Light-dependent regulation of the jasmonate pathway. *Protoplasma*, v.249, n.2, p.137-145, 2012. <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00709-012-0409-3.pdf>

VASEVA, I.; TODOROVA, D.; MALBECK, J.; TRÁUNICKOVA, A.; MÁCHACKOVA, I. Mild temperature stress modulates cytokinin content and cytokinin oxidase/dehydrogenase activity in young pea plants. *Acta Agronomica Hungarica*, v.57, n.1, p.33-40, 2009. <https://akkr.t.metapress.com/content/q363m876653u6374/resource-secured/?target=fulltext.pdf&sid=5p43x5ozegt0e0mfhdafno4u&sh=www.akademai.com>

YOSHIDA, S. *Fundamentals os Rice crop science*. Los Bãnos: International Rice Research Institute, 1981. 269p.

ARTIGO II

Seletividade de herbicidas e produtividade do arroz irrigado em resposta à época de semeadura e redução da luminosidade em diferentes fases do desenvolvimento[†]

Eduardo Venske, Carlos Eduardo Schaedler, Ronan Ritter,

Carlos André Bahry, Luis Antonio de Avila, Paulo Dejalma Zimmer

RESUMO

Diferentes fatores ambientais podem afetar a seletividade de herbicidas às culturas. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da época de semeadura e da redução artificial da luminosidade em diferentes fases do desenvolvimento das plantas, sobre a seletividade de herbicidas e componentes de produtividade do arroz irrigado. O experimento foi conduzido à campo, na safra 2012/2013, e a cultivar utilizada foi IRGA 424. Os fatores estudados foram: época de semeadura (18/outubro e 09/novembro); herbicidas (testemunha capinada, bispiribaque sódico e penoxsulam) e fases do desenvolvimento da cultura com luminosidade reduzida de 70% [testemunha, plântula (S0-V4), vegetativo, reprodutivo e todo o ciclo]. O delineamento experimental foi em faixas para época de semeadura e redução de luminosidade, e inteiramente casualizado para herbicidas, com quatro repetições. Avaliou-se: plantas, colmos e panículas por área, fitotoxicidade, espiguetas, espiguetas cheias e vazias por panícula, esterilidade de espiguetas, peso de mil sementes e produtividade. A época de semeadura influencia na seletividade de bispiribaque sódico, sendo que quando realizada próximo ao início do período recomendado reduz a produtividade da cultivar. A redução artificial de luz em diferentes fases do ciclo não

[†]Sob normas da Revista Ceres.

afeta a seletividade dos herbicidas bispiribaque sódico e penoxsulam sobre o arroz irrigado.

Palavras-chave: temperatura, radiação solar, fitotoxicidade.

ABSTRACT

Herbicide selectivity and rice yield in response to sowing time and reduction of light intensity in different development phases

Different environmental factors can have an effect on the selectivity of herbicides to crops. The aim of this study was to evaluate the effect of sowing date and artificially reducing the luminosity at different stages of plant development on the herbicide selectivity and yield components of rice. The field experiment was carried out in 2012/2013 harvest, and cultivar IRGA 424 was used. The factors studied were: sowing season (October 18 and November 9), herbicides (control, bispyribac sodium and penoxsulam) and stages of development of culture with luminosity reduced by 70% [control, seedling (S0-V4), vegetative, reproductive and entire cycle]. The experimental design was in strips for sowing date and reduced luminosity, and randomized to herbicides, with four replications. Evaluated: plants, stems and panicles per area, herbicide injury, spikelets, filled and empty spikelets per panicle, spikelet sterility, thousand seed weight and yield. The sowing season influences the selectivity bispyribac sodium, and when held near the beginning of the period recommended reduces the productivity of farming. The artificial reduction of light in different phases of the cycle does not affect the selectivity of herbicides bispyribac sodium and penoxsulam on rice.

Keywords: temperature, solar radiation, injury.

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul (RS) é o maior produtor de arroz do Brasil, tendo cultivado na safra 2012/2013 em torno de um milhão de hectares, o que representou 44,5% da área cultivada com esta cultura no país, e contribuiu com 67% da produção nacional. A produtividade média do estado também se destaca frente aos demais, estando atualmente em mais de 7,4 toneladas por hectare (Conab, 2013).

Apesar do RS apresentar os maiores índices de produtividade do país, ocorre, em alguns anos, quedas nessa produtividade, causadas, na maioria das vezes, pela ocorrência de condições climáticas desfavoráveis durante a estação de cultivo, principalmente baixas temperaturas do ar e baixos níveis de radiação solar (Steinmetz & Braga, 2001).

A faixa de temperatura ótima para o arroz se encontra entre 25°C e 30°C, e temperaturas inferiores a 20°C, dependendo do estágio de desenvolvimento, são prejudiciais (Yoshida, 1981). Devido à origem tropical da cultura, a princípio, todas as fases de desenvolvimento da planta são sensíveis à temperatura baixa, porém, os estádios de germinação e desenvolvimento inicial de plântulas e o período reprodutivo, são os mais prejudicados pela ocorrência de frio (Cruz & Millach, 2000). Em termos de manejo, para determinada cultivar e local, a época de semeadura é o fator mais determinante para a coincidência de cada fase da cultura com períodos de maior ou menor temperatura, já que se trata de um fator abiótico de difícil controle pelo homem em condições de lavoura.

Além das baixas temperaturas, a redução da intensidade da luz, provocada por longos períodos de tempo nublado, também traz prejuízos à cultura, por prejudicar o processo fotossintético, e trata-se de um dos principais fatores de restrição à

produtividade do arroz, principalmente nos trópicos (Yoshida, 1981; Singh, 2000). A demanda de radiação solar pela cultura do arroz difere entre as fases de desenvolvimento (Yoshida & Parao, 1976), sendo conhecido que redução de luz durante o período vegetativo, pouco afeta a produtividade, enquanto que a deficiência deste fator durante o reprodutivo tem um efeito pronunciado sobre o desempenho produtivo da cultura (Yoshida, 1981). Entretanto, é importante avaliar esta resposta em cultivares atuais e nas condições específicas do sul do RS, e sua interação com temperatura, ou época de semeadura, mas também o efeito de ambos fatores sobre uma série de outros, tais como manejos fitossanitários que envolvem o uso de herbicidas.

Os herbicidas representam a principal ferramenta de controle de plantas daninhas em um programa de manejo integrado, dentre os quais se destacam os inibidores da enzima ALS (acetolactato sintase), que participa na biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina (Concenço et al., 2007). Bispiribaque sódico e penoxsulam são herbicidas deste grupo, registrados para o controle de plantas daninhas no arroz irrigado no Rio Grande do Sul, ambos indicados para aplicação em pós-emergência, e o segundo também para pré-emergência (SOSBAI, 2012).

Um dos inconvenientes da aplicação de herbicidas é a possibilidade de estes causarem fitotoxicidade à cultura (Petter et al., 2011). Acredita-se que a maior ou menor seletividade de herbicidas ao arroz pode variar em função de uma série de condições do ambiente, tais como temperatura e luminosidade, mesmo para herbicidas inibidores da ALS. Isto se justifica após observação, em lavouras arrozeiras da região da Campanha e Sul do RS, de plantas que, submetidas a condições de frio e elevadas nebulosidades logo após a aplicação dos herbicidas, apresentaram elevada fitotoxicidade. Tal fato

decorre, possivelmente, do efeito secundário da aplicação dos herbicidas, caracterizado por alterações fisiológicas e bioquímicas no metabolismo das plantas (Song et al., 2007), aliado ao estresse ambiental; ou ainda, a condição ambiental desfavorável prejudicar o metabolismo normal das plantas, tornando lenta a metabolização dos herbicidas por parte da cultura, causando fitotoxicidade (Petter et al., 2011).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da época de semeadura e da redução artificial da luminosidade em diferentes fases do desenvolvimento das plantas, sobre a seletividade de herbicidas e componentes de produtividade de uma cultivar de arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, em área de várzea do Centro Agropecuário da Palma (CAP) - UFPel, localizado no Capão do Leão – RS, na safra 2012/2013. A cultivar de arroz irrigado utilizada foi IRGA 424, de ampla utilização no estado do RS. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, arranjado em esquema fatorial 2x3x5, sendo o fator principal épocas de semeadura, que foram: 18 de outubro e 09 de novembro; o segundo fator foi aplicação de herbicidas: testemunha (capinada), bispiribaque sódico e penoxsulam; e, por fim, o terceiro fator foi fases do desenvolvimento da cultura em que foi imposta a redução da luminosidade, a saber: testemunha; plântula [considerado da semeadura ao estágio V4 - estágio onde as plantas não são mais dependentes das reservas da semente (Yoshida, 1981)]; período vegetativo (de V4 a R0); período reprodutivo (de R0 até a colheita) e todo o ciclo (foi considerado desde a semeadura à colheita).

As datas de semeadura corresponderam aproximadamente ao começo e ao fim do período recomendado para cultivares de ciclo médio no sul do RS, de acordo com o Zoneamento Agroclimatológico (Embrapa, 2007). A caracterização dos tratamentos de época de semeadura foi feita com base nas variáveis meteorológicas: temperatura média do ar (TA), temperatura mínima média do ar (Tm), dias com temperatura média $\leq 15^{\circ}\text{C}$ ($\text{DT} \leq 15^{\circ}\text{C}$) e radiação solar global média (RS), em cada uma das fases de desenvolvimento estudadas, bem como do ciclo inteiro da cultura do arroz (Tabela 6), sendo que foram utilizados os dados da Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada a aproximadamente 9 quilômetros do local do experimento.

As aplicações dos herbicidas foram realizadas quando as plantas estavam no estágio V4, fator que delimitou a primeira fase do desenvolvimento da cultura (plântula). Para bispiribaque sódico a dose foi de 125 mL de produto comercial Nominee® 400 SC por hectare, e para penoxsulam foi de 250 mL de produto comercial Ricer® por hectare, o que representa, para ambos herbicidas, o limite superior da faixa recomendada (SOSBAI, 2012). As aplicações foram realizadas no fim do dia, com pulverizador costal propelido a CO_2 (pressão de 2 bar), utilizando-se barra com quatro pontas de pulverização tipo leque espaçadas 0,50 m, e com volume de calda ajustado para 150 L.ha^{-1} , sendo adicionado à calda de penoxsulam, adjuvante Veget oil®, na dose de $1,0 \text{ L.ha}^{-1}$. Capinas manuais foram realizadas regularmente além de uma aplicação de Cyalofof, na dose de 1,75 L de produto comercial Clincher® por hectare, aproximadamente 30 dias após a aplicação dos demais herbicidas, visando manter as parcelas sem a presença de plantas daninhas.

Tabela 6. Temperatura média do ar (TA) e temperatura mínima média do ar (Tm), em °C, dias com temperatura média do ar $\leq 15^{\circ}\text{C}$ ($\text{DT} \leq 15$) e radiação solar global média (RS), em $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, ocorridas em cada fase do desenvolvimento, e em todo o ciclo, da cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de época de semeadura. Capão do Leão – RS, safra 2012/2013

Fase do desenvolvimento	Variável Meteorológica	Data de semeadura	
		18/10	09/11
Plântula (considerado S0-V4)	TA	20,35	22,26
	Tm	16,1	17,63
	$\text{DT} \leq 15$	11	9
	RS	453,31	497,79
Vegetativo	TA	22,69	22,69
	Tm	17,98	18,24
	$\text{DT} \leq 15$	8	4
	RS	510,94	509,45
Reprodutivo	TA	22,03	21,25
	Tm	17,62	16,89
	$\text{DT} \leq 15$	20	28
	RS	472,92	427,5
Todo o ciclo	TA	21,69	22,07
	Tm	17,23	17,59
	$\text{DT} \leq 15$	39	41
	RS	479,06	478,25

Fonte: Boletins da Estação Agroclimatológica de Pelotas.

Foram atenuados 70% da irradiação solar, sendo que para tanto foram aferidas malhas específicas com radiômetro portátil *Li-cor*, inc. modelo LI-185B, que foram estendidas sobre arcos de metal moldados de modo a formar um túnel sobre a faixa de cultura. Foram feitas leituras de temperatura dentro desses túneis, em diferentes condições climáticas, e foi observada diferença média entre o interior e o exterior a este ambiente de aproximadamente 0,8 °C. Os estádios que delimitam as fases seguiram a escala de Counce et al. (2000).

Visando viabilizar a instalação, tendo em vista a natureza dos fatores, o experimento foi implantado em esquema onde época de semeadura e fase sob redução de luminosidade foram dispostos em faixas (o segundo destes dentro do primeiro), e o fator herbicida, inteiramente casualizado, dentro de cada faixa de fase sob redução de luz. As parcelas consistiram de 9 linhas espaçadas 0,17 m, com comprimento de 2,0 m. Foram feitas quatro repetições, totalizando 120 unidades experimentais.

A semeadura foi realizada em linha com semeadora tracionada por trator, após preparo convencional do solo. A quantidade de sementes foi de 90 quilogramas por hectare. Profundidade de semeadura, adubação, irrigação e demais tratamentos fitossanitários e de manejo, seguiram as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado no sul do Brasil visando alta produtividade (SOSBAI, 2012).

As variáveis avaliadas no experimento foram: população de plantas, fitotoxicidade dos herbicidas, colmos e panículas por área, espiguetas, espiguetas cheias e vazias por panícula, porcentagem de esterilidade de espiguetas, peso de mil sementes e produtividade.

A população de plantas foi avaliada aos 20 dias após a semeadura, sendo cada ponto amostral 0,5m de linha de cultura. A contagem das plantas foi realizada nos

ambientes de redução de luz e sem redução de luz (ao passo que não haviam sido impostos os tratamentos de redução de luz em diferentes fases do ciclo), nas duas épocas de semeadura, sendo realizadas quatro repetições. O resultado foi expresso em plantas por metro quadrado.

A fitotoxicidade foi avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas, de forma visual, em que foi atribuída nota de 0 (sem fitotoxicidade) a 100 (morte de todas as plantas) às parcelas com herbicida à comparação da testemunha mais próxima.

Colmos por área foi avaliado no estádio R6, na linha central mais representativa da parcela, onde se mediu 1,0m de linha de semeadura através de régua milimetrada e contaram-se todos os colmos, sem distinção entre colmos principais e afilhos nas plantas, sendo realizado o cálculo e expresso o número de colmos por metro quadrado de cultura. Já para panículas por área, também foram mensuradas no estádio R6, em duas linhas centrais representativas da parcela, mediu-se 0,5m de linha através de régua milimetrada e contou-se todos as panículas, após, somou-se o número de panículas das duas linhas avaliadas e realizou-se o cálculo para o número por metro quadrado de cultura, sendo desta forma expresso o resultado.

No estádio R8, coletou-se 25 panículas por parcela, as quais foram secas até aproximadamente 13% de umidade e, em 5 destas, contabilizadas espiguetas, espiguetas cheias e vazias por panícula, sendo expresso o resultado médio de cada variável. Para a porcentagem de esterilidade de espiguetas dividiu-se o número de espiguetas vazias pelo total de espiguetas por panícula, multiplicando-se por 100, assim expressando o resultado em porcentagem. Todas estas 25 panículas foram beneficiadas através de trilha manual e soprador modelo South Dakota, e avaliou-se o peso de mil sementes

(PMS), segundo as Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009), no método alternativo de pesagem de oito repetições de 100 sementes, sendo expresso o resultado em gramas, corrigido para 13% de umidade, sendo que, para tanto foi aferida a umidade das sementes pelo método de estufa a 105°C por 24 horas (Brasil, 2009).

Quando, no campo, as sementes chegaram a aproximadamente 22% de umidade realizou-se a colheita manual, deixando-se as linhas externas e 0,25m em cada extremidade da parcela como bordadura, e realizou-se a trilha mecânica, seguida de pesagem em balança de precisão e aferição da umidade das sementes, em determinador eletrônico, Gehaka agri G650. De posse do peso e da umidade das sementes colhidas realizou-se o cálculo da produtividade, corrigida para 13% de umidade, e em quilogramas por hectare, sendo assim expresso o resultado.

Os dados de fitotoxicidade foram submetidos à transformação pela equação $x=\sqrt{x+0,5}$. Todos os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p\leq 0,05$). Para variáveis que não apresentaram interação entre os fatores se realizou o teste de médias de DMS de Fischer ($p\leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entre época de semeadura, herbicida e fase do desenvolvimento sob redução de luz para fitotoxicidade aos 07, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, e entre herbicida e fase do desenvolvimento sob redução de luz para fitotoxicidade aos 14 DAA.

Para fitotoxicidade aos 07 DAA (Tabela 7), não houve diferença entre épocas de semeadura para a maioria dos tratamentos de herbicida e fase sob redução de luz. Na semeadura em 18/10, a testemunha, sem redução de luz, apresentou os menores valores

para ambos herbicidas, e só houve diferença entre herbicidas, para esta época, no tratamento de redução de luz na fase de plântula, que penoxsulam apresentou maior média; já na semeadura em 09/11 não houve diferença entre tratamentos de redução de luz para bispiribaque sódico, sendo que para penoxsulam redução de luz por todo o ciclo causou maior fitotoxicidade, e, por fim, entre herbicidas, bispiribaque sódico causou maior efeito fitotóxico à cultura nesta época.

Tabela 7. Fitotoxicidade aos 07 dias após a aplicação dos herbicidas, sobre a cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de época de semeadura, herbicida e fase do desenvolvimento sob redução de luz. Capão do Leão – RS, 2012.

Fase sob redução de luz	Época de semeadura					
	18/10			09/11		
	Test.	Bisp.	Penox.	Test.	Bisp.	Penox.
Testemunha	a 0 ¹ B	b 3,0 A	c 2,3 A	a 0 C	a 7,0* A	b 3,2 ^{ns} B
Plântula (S0-V4)	a 0 C	ab 4,0 B	a 8,0 A	a 0 C	a 5,7 ^{ns} A	b 2,7* B
Vegetativo	a 0 B	a 5,5 A	b 4,7 A	a 0 C	a 8,0 ^{ns} A	b 2,0* B
Todo o ciclo	a 0 B	a 5,5 A	b 5,2 A	a 0 C	a 6,5 ^{ns} A	a 6,0 ^{ns} A
Média geral	3,3					
C.V. (%)	21,0					

¹Médias antecedidas de letras minúsculas comparadas nas colunas e seguidas de maiúsculas nas linhas, quando distintas, dentro de cada época de semeadura, diferem entre si. ^{ns} e * representam respectivamente não significativo e significativo entre mesma fase do ciclo sob redução de luz e herbicida, porém em diferentes épocas de semeadura, pelo teste DMS de Fisher ($p \leq 0,05$).

A redução de luz por todo o ciclo causou os menores valores de fitotoxicidade aos 14 DAA para ambos herbicidas e bispiribaque sódico os maiores valores em todos os tratamentos de redução de luz, não diferindo de penoxsulam para o tratamento de redução de luz na fase de plântula (Tabela 8).

Tabela 8. Fitotoxicidade aos 14 dias após a aplicação dos herbicidas, sobre a cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de fase do desenvolvimento sob redução de luz e herbicida. Capão do Leão – RS, 2012.

Fase do ciclo	Herbicida		
	Testemunha	Bispiribaque sódico	Penoxsulam
sob redução de luz			
Testemunha	a 0* C	a 10,6 A	ab 4,6 B
Plântula (S0-V4)	a 0 B	a 7,9 A	a 5,7 A
Vegetativo	a 0 C	a 7,6 A	b 3,2 B
Todo o ciclo	a 0 C	b 4,5 A	c 1,5 B
C.V. (%)		26,5	
Média Geral		3,8	

*Médias antecedidas de letras minúsculas comparadas nas colunas e seguidas de maiúsculas nas linhas, quando distintas diferem pelo teste DMS de Fisher ($p \leq 0,05$);

Para fitotoxicidade aos 21 DAA houve diferença entre épocas de semeadura, para bispiribaque sódico sob redução de luz durante o período vegetativo e por todo o ciclo e para penoxsulam, sob redução de luz na fase de plântula, em que os maiores valores foram observados na semeadura em 09/11 (Tabela 9). Para a semeadura em 18/10 não houve diferença entre tratamentos de fase sob redução de luz para nenhum

herbicida, já para aquela realizada em 09/11 os maiores valores ocorreram sob redução de luz durante a fase vegetativa e por todo o ciclo para bispiribaque sódico e na fase de plântula para penoxsulam. De modo geral, bispiribaque sódico causou maior fitotoxicidade que penoxsulam, principalmente na semeadura em 18/10.

Tabela 9. Fitotoxicidade aos 21 dias após a aplicação dos herbicidas, sobre a cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de época de semeadura, herbicidas e fases do ciclo sob redução de luz. Capão do Leão – RS, 2012.

Fase sob redução de luz	Época de semeadura					
	18/10			09/11		
	Test.	Bisp.	Penox.	Test.	Bisp.	Penox.
Testemunha	a 0 ¹ C	a 6,0 A	a 2,5 B	a 0 B	b 3,3 ^{ns} A	b 2,0 ^{ns} A
Plântula (S0-V4)	a 0 C	a 5,7 A	a 1,7 B	a 0 B	b 5,7 ^{ns} A	a 7,7* A
Vegetativo	a 0 C	a 5,7 A	a 2,7 B	a 0 C	a 11,0* A	b 3,0 ^{ns} B
Todo o ciclo	a 0 B	a 6,2 A	a 1,2 B	a 0 C	a 13,3* A	b 3,2 ^{ns} B
Média geral	3,4					
C.V. (%)	27,8					

¹Médias antecedidas de letras minúsculas comparadas nas colunas e seguidas de maiúsculas nas linhas, quando distintas, dentro de cada época de semeadura, diferem entre si. ^{ns} e * representam respectivamente não significativo e significativo entre mesma fase do ciclo sob redução de luz e herbicida, porém em diferentes épocas de semeadura, pelo teste DMS de Fisher ($p \leq 0,05$).

Na avaliação de fitotoxicidade aos 28 DAA, de modo geral os maiores valores são observados para a semeadura em 18/10, não diferindo da segunda época de semeadura sob redução de luz nas fases de plântula e vegetativo (Tabela 10). Em 18/10, não houve diferença entre fases do ciclo sob redução de luz para bispiribaque sódico, já para penoxsulam, na testemunha se observa maior valor. Nesta mesma época de semeadura, os herbicidas diferiram entre si nos tratamentos de redução de luz durante o período vegetativo e durante todo o ciclo da cultura, ao passo que penoxsulam não apresentou fitotoxicidade. Para a semeadura em 09/11, menores valores de fitotoxicidade foram observados sob redução de luz durante todo o ciclo para bispiribaque sódico e durante o período vegetativo para penoxsulam. Bispiribaque sódico causou maiores valores de fitotoxicidade, diferindo de penoxsulam nos tratamentos testemunha e período vegetativo sob redução de luz.

De modo geral, os valores de fitotoxicidade foram baixos para ambos herbicidas, mesmo assim é possível destacar que bispiribaque sódico causou maior toxicidade à cultura em ambas épocas de semeadura. Para este mesmo herbicida, fase do desenvolvimento sob redução de luz teve efeito menos destacado sobre fitotoxicidade que para penoxsulam, sendo que para este último, a redução de luz, principalmente durante a fase de plântula, aumentou a fitotoxicidade causada pelo herbicida.

Quanto à maior fitotoxicidade causada por bispiribaque sódico, nos estudos de Petter et al. (2011) e Petter et al. (2012) o mesmo herbicida foi o único a apresentar este efeito sobre a cultura do arroz, cultivado em sistema de terras altas, em que penoxsulam também foi avaliado, o que demonstra o potencial fitotóxico de bispiribaque sódico sobre o arroz.

Tabela 10. Fitotoxicidade aos 28 dias após a aplicação dos herbicidas, sobre a cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de época de semeadura, herbicida e fase do ciclo sob redução de luz. Capão do Leão – RS, 2012.

Fase sob redução de luz	Época de semeadura					
	18/10			09/11		
	Test.	Bisp.	Penox.	Test.	Bisp.	Penox.
Testemunha	a 0 ¹ B	a 7,2 A	a 5,2 A	a 0 B	ab 4,2* A	bc 1,2* B
Plântula (S0-V4)	a 0 B	a 4,5 A	b 2,3 A	a 0 B	ab 2,7 ^{ns} A	a 5,2 ^{ns} A
Vegetativo	a 0 B	a 5,2 A	c 0 B	a 0 B	a 4,5 ^{ns} A	c 0,2 ^{ns} B
Todo o ciclo	a 0 B	a 4,2 A	c 0 B	a 0 B	b 1,7* A	ab 2,2* A
Média geral	2,1					
C.V. (%)	33,8					

¹Médias antecedidas de letras minúsculas comparadas nas colunas e seguidas de maiúsculas nas linhas, quando distintas, dentro de cada época de semeadura, diferem entre si. ^{ns} e * representam, respectivamente, não significativo e significativo entre mesma fase do ciclo sob redução de luz e herbicida, porém em diferentes épocas de semeadura, pelo teste DMS de Fisher ($p \leq 0,05$).

A redução de luz durante a fase de plântula sobre a fitotoxicidade causada por penoxsulam pode ser entendida como efeito negativo da menor luminosidade antes da aplicação do herbicida sobre a seletividade do mesmo. Sendo o mecanismo mais comum de tolerância das culturas aos herbicidas inibidores da ALS a capacidade da planta de metabolizar a molécula herbicida (Sweetser et al., 1982), o arroz cultivado sob pouca luz até o momento da aplicação de penoxsulam demonstrou redução nesta

capacidade. No tratamento de redução de luz por todo o ciclo este efeito não foi observado, entretanto, deve-se salientar que os sintomas visuais de fitotoxicidade do herbicida sobre as plantas, principalmente quanto à estatura e coloração, podem ter sido mascarados pelo efeito da redução de luz, que estimula alongamento das plantas e a produção de pigmentos fotossintetizantes que conferem a coloração verde (Martuscello et al., 2009).

A população de plantas apresentou interação entre época de semeadura e redução de luz, onde a redução da luminosidade logo após a semeadura (redução de luz por todo o ciclo e fase de plântula) em 09/11 reduziu o número de plantas por área (Tabela 11). Colmos por área apresentou interação entre época de semeadura e fase do ciclo sob redução de luz. De modo geral, maior número de colmos foi observado na semeadura em 09/11, principalmente para testemunha e redução de luz na fase vegetativa, e em ambas as épocas o menor número de colmos foi observado quando houve redução de luz durante o período vegetativo e por todo o ciclo. Para panículas por área também se observou interação entre época de semeadura e fase sob redução de luz. Verificou-se que a semeadura em 09/11 proporcionou maior número de panículas, já em termos de redução da luminosidade, assim como evidenciado para colmos, os menores valores foram observados quando se reduziu a luminosidade no período vegetativo e por todo o ciclo.

A redução de luz no período vegetativo afetou negativamente o número de colmos de tal modo que não diferiu de redução de luz por todo o ciclo da cultura. Como esta avaliação constituiu-se na soma dos colmos principais e dos afilhos, e considerando que a população de plantas não diferiu entre épocas para a maioria dos tratamentos, a emissão de afilhos foi o fator decisivo para a definição desta variável. O afilhamento é

um processo complexo em que a expressão de muitos genes deve ser regulada (Li et al., 2003), e sugere-se, com os resultados apresentados, que no arroz a luz tenha papel importante. Em outras Poaceae, como o trigo (Scheeren et al., 1997) e espécies do gênero *Brachiaria* (Martuscello et al., 2009) observou-se também menor afilamento em condição de redução da luz.

Tabela 11. População de plantas, número de colmos e panículas por metro quadrado, da cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de fase do desenvolvimento sob redução de luz e época de semeadura. Capão do Leão – RS, 2013

Fase sob redução de luz	Plantas.m ⁻²		Colmos.m ⁻²		Panículas.m ⁻²	
	18/10	09/11	18/10	09/11	18/10	09/11
Testemunha	a 335* A	a 418 A	a 812 B	a 1005 A	a 557 B	ab 704 A
Plântula ¹	a 376 A	b 229 B	a 724 A	b 818 A	b 475 B	ab 708 A
Vegetativo	a 335 A	a 418 A	b 556 B	c 691 A	c 401 B	b 664 A
Reprodutivo	a 335 A	a 418 A	a 808 A	b 788 A	b 492 B	a 739 A
Todo o ciclo	a 376 A	b 229 B	b 583 A	c 600 A	c 379 B	c 589 A
Média Geral	340		739		571	
C.V. (%)	20,7		15,74		11,46	

*Médias antecedidas de letras minúsculas comparadas nas colunas e seguidas de maiúsculas nas linhas, para mesma variável, quando distintas diferem pelo teste DMS de Fisher ($p \leq 0,05$); ¹considerado de S0-V4.

O maior número de panículas na semeadura em 09/11, possivelmente foi reflexo das melhores condições meteorológicas ocorridas durante o período vegetativo sobre as

plantas semeadas nesta época, as quais foram, maior temperatura mínima média e menor ocorrência de dias com temperaturas $\leq 15^{\circ}\text{C}$, sendo esta última variável meteorológica também correlacionada com a produtividade de arroz irrigado (Klering et al., 2008). Quanto à redução de luz, aquela durante o período vegetativo comprometeu o número de panículas por área, principalmente na semeadura em 18/10, em que causou o mesmo prejuízo do tratamento de redução de luz mais extremo, por todo o ciclo. Singh (2005) observou, para uma das cultivares de seu estudo, decréscimo no número de panículas por vaso quando sombreou plantas de arroz durante o período vegetativo, porém, para a outra cultivar observou incremento neste componente de produtividade, demonstrando ser esta resposta à luz variável entre genótipos. No tocante à semelhança entre os resultados de colmos e panículas por área, é evidente que o número de panículas tem forte dependência do número de afilhos emitidos pelas plantas, porém nem sempre a relação é direta, já que muitos colmos podem ser inférteis, isto é, não emitir ou abortar panículas.

Houve interação entre época de semeadura e herbicida para espiguetas, espiguetas cheias e espiguetas vazias por panícula (Tabela 12). Na semeadura em 09/11 observaram-se, em geral, maiores valores para as três variáveis, principalmente espiguetas vazias, porém não houve diferença entre épocas para testemunha capinada, em espiguetas, e para testemunha e penoxsulam, em espiguetas cheias. Verificando a semeadura em 18/10, não houve diferença entre herbicidas para as três variáveis em questão; já, em 09/11 a aplicação de bispiribaque sódico resultou em maior número de todas estas variáveis, porém não diferiu de penoxsulam para espiguetas e espiguetas cheias, e da testemunha capinada para espiguetas vazias.

Espiguetas e espiguetas cheias por panícula também apresentaram diferença entre fases do ciclo sob redução de luz (Tabela 13), sendo que, para ambas, o maior número foi observado no tratamento de redução de luz por todo o ciclo; já os menores valores foram causados pela redução de luz no período reprodutivo, não diferindo da testemunha. Para esterilidade de espiguetas, houve apenas efeito significativo da época de semeadura, em que aquela realizada em 09/11 causou maior valor (17%, diferindo de 10% da semeadura em 18/10).

Tabela 12. Espiguetas (Esp.), espiguetas cheias e vazias por panícula (pn^{-1}) em função da aplicação de herbicidas e época de semeadura. Capão do Leão – RS, 2013.

Herbicidas	Espiguetas. pn^{-1}		Esp.cheias. pn^{-1}		Esp.vazias. pn^{-1}	
	18/10	09/11	18/10	09/11	18/10	09/11
Testemunha	a 122* A	b 131 A	a 110 A	b 108 A	a 12 B	ab 22 A
Bisp. sódico	a 116 B	a 142 A	a 104 B	a 116 A	a 11 B	a 25 A
Penoxsulam	a 121 B	ab 135 A	a 107 A	ab 113 A	a 14 B	b 22 A
Média Geral	128		110		18	
C.V. (%)	11,0		11,3		29,0	

*Médias antecedidas de letras minúsculas comparadas nas colunas e seguidas de maiúsculas nas linhas, para mesma variável, quando distintas diferem pelo teste DMS de Fisher ($p \leq 0,05$).

Não houve efeito de herbicidas sobre espiguetas, espiguetas cheias e vazias por panícula na semeadura em 18/10, mas na semeadura em 09/11, com a aplicação de bispiribaque sódico, se observou maior número das três variáveis, sendo que isto não

condiz com estudos recentes que não observaram efeito destes mesmos herbicidas sobre o número de grãos por panícula em arroz de terras altas (Petter et al., 2011; Petter et al., 2012).

Tabela 13. Espiguetas (EP) e espiguetas cheias por panícula (ECP), peso de mil sementes (PMS), em gramas, e produtividade, em quilogramas por hectare, da cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de fase do desenvolvimento sob redução de luz e época de semeadura. Capão do Leão – RS, 2013.

Fase sob redução de luz	EP	ECP	PMS		Produtividade	
			(gramas)		(Kg.ha ⁻¹)	
			18/10	09/11	18/10	09/11
Testemunha	c 120*	cd 104	b 25,9 A	b 23,9 B	a 8030 B	a 11282 A
Plântula ¹	ab 133	ab 113	a 26,3 A	b 23,8 B	a 7685 B	b 10146 A
Vegetativo	bc 127	bc 111	a 26,5 A	a 24,5 B	b 5944 B	b 9920 A
Reprodutivo	c 121	d 103	d 24,1 A	c 22,9 B	b 6076 B	c 8022 A
Todo o ciclo	a 138	a 119	c 24,8 A	c 22,6 B	b 5779 B	c 8630 A
Média Geral	128	110	24,53		8151	
C.V. (%)	11,0	11,3	1,77		13,60	

*Médias antecedidas de letras minúsculas comparadas nas colunas e seguidas de maiúsculas nas linhas, para mesma variável, quando distintas diferem pelo teste DMS de Fisher ($p \leq 0,05$). ¹Considerado S0-V4.

O maior número de espiguetas cheias, que ocorreu sob redução de luz por todo o ciclo, pode se atribuir ao menor número de panículas deste tratamento, que resulta em

menor número total de espiguetas por planta (mesmo que estejam em maior proporção por panícula), a competir por fotoassimilados. A maior esterilidade de espiguetas observada na semeadura em 09/11 pode ser explicada pela totalidade de variáveis meteorológicas levadas em conta neste estudo, que se mostraram desfavoráveis durante o período que este componente se define. Quanto à luminosidade, era esperado a maior esterilidade de espiguetas no tratamento de redução de luz no reprodutivo (Yoshida, 1981), o que foi evidenciado neste estudo através do menor número de espiguetas cheias.

O peso de mil sementes (PMS) apresentou interação entre época de semeadura e fase sob redução de luz, sendo que o maior PMS aconteceu para a semeadura em 18/10, em todos os tratamentos do segundo fator. A redução de luz durante o período vegetativo causou maior valor na variável, para as duas épocas de semeadura, não diferindo de redução de luz na fase de plântula para a semeadura em 18/10.

Para a produtividade houve interação tanto entre época de semeadura e fase sob redução de luz, como entre este primeiro fator e herbicida (Tabelas 13 e 14). Verificou-se que, independentemente de fase sob redução de luz ou herbicida, a semeadura em 09/11 causou maior produtividade na cultura estudada. Para a interação entre época de semeadura e fase sob redução de luz, na semeadura em 18/10, testemunha e redução de luz na fase de plântula não diferiram entre si e apresentaram maior produtividade, sendo que os demais tratamentos não apresentaram diferença entre si; já na semeadura em 09/11, a testemunha apresentou maior produtividade, diferindo dos demais tratamentos. Na interação entre época de semeadura e herbicidas, somente foi constatada diferença na semeadura em 18/10, em que bispiribaque sódico causou redução significativa na

produtividade, ao passo que na semeadura em 09/11 não se verificou diferença entre herbicidas.

O menor peso de mil sementes observado na semeadura em 09/11 pode ser justificado pela menor radiação solar disponível na fase de enchimento das sementes, cuja coincidência entre os períodos é importante (Freitas et al., 2008). Além disso, este tratamento de época de semeadura apresentou maior número de panículas por área, de modo que a presença de mais sementes por planta pode influenciar que menos fotoassimilados sejam depositados por semente. Esta mesma lógica justifica o maior PMS, inclusive para as duas épocas de semeadura, no tratamento de redução de luz no período vegetativo, que apresentou os menores números de panículas por área.

Tabela 14. Produtividade, em quilogramas por hectare, da cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função da aplicação de herbicidas e época de semeadura. Capão do Leão – RS, 2013.

Herbicidas	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	
	18/10	09/11
Testemunha	a 6936* B	a 9251 A
Bispiribaque sódico	b 6084 B	a 9811 A
Penoxsulam	a 7087 B	a 9737 A
Média Geral	8151	
C.V. (%)	13,60	

*Médias antecedidas de letras minúsculas comparadas nas colunas e seguidas de maiúsculas nas linhas, quando distintas diferem pelo teste DMS de Fisher ($p \leq 0,05$).

A maior produtividade foi observada na semeadura em 09/11, a qual está mais próxima do fim do período recomendado para cultivares de ciclo médio no sul do RS. Isto contrariou, de certa forma, a recomendação de priorizar a semeadura o mais próximo do começo da faixa recomendada, para que ocorra coincidência de período reprodutivo das plantas com maior radiação solar e temperatura (SOSBAI, 2012), maior aproveitamento do nitrogênio (Freitas et al., 2008) e assim maior produtividade (Sartori et al., 2013). Realmente, a semeadura em 18/10 permitiu que a fase reprodutiva das plantas coincidissem com melhores condições meteorológicas, de todas as variáveis consideradas no estudo, inclusive radiação solar, o que se sugere ter favorecido o maior peso de mil sementes para esta época, como já foi mencionado. Por outro lado, a semeadura em 09/11 permitiu que o período de plântula e vegetativo, ocorresse em condições mais favoráveis, sobretudo de temperatura, o que se acredita ter permitido um bom desenvolvimento das plantas, e com isto maior emissão de panículas por área, o componente que se mostrou determinante para a maior produtividade da cultura semeada em novembro.

A exemplo disto, Steinmetz et al. (2013) observaram que radiação solar global média da emergência até a diferenciação da panícula foi a variável (de radiação solar) mais importante para a definição da produtividade de cultivares de ciclo precoce, apesar de não condizer com a literatura, segundo estes autores. Algo importante a se ressaltar ainda, é que a segunda época de semeadura utilizada está compreendida dentro do período recomendado pelo zoneamento agroclimatológico (Embrapa, 2007), sendo aceitável que tenha possibilitado elevada produtividade.

Em relação às fases do desenvolvimento sob redução de luz, era esperado que a maior produtividade fosse observada na testemunha e as menores, quando a redução de

luz ocorresse por todo o ciclo e durante o reprodutivo (Yoshida, 1981), para as duas épocas de semeadura, o que, de fato, ocorreu. Entretanto, se verificou que em qualquer fase do ciclo a redução de luminosidade causou prejuízo à produtividade, à exceção de plântula na semeadura em 18/10. Estes resultados, e aquele de Steinmetz et al. (2013), enfatizam a importância da radiação solar em todo o ciclo das plantas de arroz.

Foi observado efeito negativo da aplicação de bispiribaque sódico sobre a produtividade do arroz semeado em 18/10. Isto confirma uma das hipóteses do presente estudo, que a época de semeadura exerce influência sobre a seletividade do herbicida. Pode-se observar que a fase vegetativa, que correspondeu ao período após a aplicação dos herbicidas, apresentou menor temperatura mínima média e maior número de dias com temperatura $\leq 15^{\circ}\text{C}$ para a semeadura em outubro, o que pode ter dificultado a recuperação das plantas após a intoxicação com o herbicida. Petter et al. (2011) ressaltaram que a capacidade de metabolização de compostos pelas plantas, entre eles os herbicidas, está diretamente relacionada com sua atividade metabólica, que é dependente do ambiente.

Os herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) são metabolizados nas plantas via citocromo P450 monoxigenases (Yasour et al., 2009), cujas enzimas atuam na etapa inicial do metabolismo dos herbicidas dando origem a um metabólito de baixa fitotoxicidade, ou atóxico, às plantas, e posteriormente, esses produtos podem sofrer modificações através de conjugações com glicose e glutatona, os quais são compartimentalizados em vacúolos e/ou incorporados às paredes celulares (Van Eerd et al., 2003). Com os resultados deste estudo, pode-se sugerir que estas enzimas sejam afetadas negativamente pelas baixas temperaturas, tornando a metabolização do herbicida mais lenta.

Quanto à diferença de fitotoxicidade entre bispiribaque sódico e penoxsulam, e seus reflexos na produtividade, os resultados da pesquisa são contrastantes. Em arroz de terras altas há estudo que evidenciou que bispiribaque sódico não afetou a produtividade, independentemente da época de aplicação, já penoxsulam, pelo contrário, causou decréscimo (Petter et al., 2011), porém, neste mesmo sistema de cultivo há estudo em que ambos herbicidas diminuíram a produtividade, porém o prejuízo por bispiribaque sódico foi maior (Petter et al., 2012). Salienta-se que estes autores não avaliaram a seletividade dos herbicidas frente a diferentes condições ambientais.

A produtividade do arroz semeado em 18/10 foi reduzida quando realizada aplicação de bispiribaque sódico, mesmo não sendo detectado efeito negativo do herbicida sobre os componentes de produtividade avaliados, mas apenas uma maior fitotoxicidade visual. Em muitos experimentos, os componentes de produtividade podem não se correlacionar com a produtividade, em razão de vários motivos, como desuniformidade no estande e dificuldades de avaliação, o que ainda proporciona altos coeficientes de variação (Oliveira et al., 2002).

CONCLUSÕES

A época de semeadura influencia a seletividade de bispiribaque sódico, sendo que quando realizada próximo ao início do período recomendado reduz a produtividade da cultivar estudada.

A redução artificial de luz em diferentes fases do ciclo não afeta a seletividade dos herbicidas bispiribaque sódico e penoxsulam sobre o arroz irrigado.

Os componentes de produtividade são afetados pela época de semeadura e redução artificial da luminosidade em diferentes fases do desenvolvimento, assim como a produtividade.

REFERÊNCIAS

- Brasil (2009) Regras para análise de sementes. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 398p.
- Conab (2013) Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento. Brasília, Companhia Nacional de Abastecimento. 29p.
- Concenço G, Andres A, Lopes NF, Rieffel Filho JA, Santos MQ, Garcia CAN & Ferreira FA (2007) Sensibilidade de plantas de arroz ao herbicida bispyribac-sodium em função de doses e locais de aplicação. *Planta Daninha*, 25: 629-637.
- Counce PA, Keisling TC & Mitchell AJ (2000) A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, 40:436-443.
- Cruz RP & Millach SCK (2000) Revisão Bibliográfica: Melhoramento genético para tolerância ao frio em arroz irrigado. *Ciência Rural*, 30:909-917.
- Embrapa (2007) Zoneamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no estado do rio grande do sul (versão 4). Pelotas, Embrapa Clima Temperado. 37p. (Documentos, 199).
- Embrapa (2013) Boletins Agroclimatológicos. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/boletim.html>. Acessado em 10 de agosto de 2013.
- Freitas TFS, Silva PRF, Mariot CHP, Menezes VG, Anghinoni I, Bredemeier C & Vieira VM (2008) Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada

influenciadas pela época da semeadura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2397-2405.

Klering EV, Fontana DC, Berlato MA & Cargnelutti Filho A (2008) Modelagem agrometeorológica do rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43:549-558.

Li X, Qian Q, Fu Z, Wang Y, Xiong G, Zeng D, Wang X, Liu X, Teng S, Hiroshi F, Yuan M, Luok D, Han B & Li JY (2003) Control of tillering in rice. *Nature*, 422:618-621.

Martuscello JA, Jank L, Gontijo Neto MM, Laura VA & Cunha DNFV (2009) Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:1183-1190.

Oliveira TK, Carvalho GJ & Moraes RNS (2002) Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1079-1087.

Petter FA, Zuffo AM & Pacheco LP (2011) Seletividade de herbicidas inibidores de ALS em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41:408-414.

Petter FA, Pacheco LP, Zuffo AM, Alcântara Neto F & Ribeiro WRM (2012) Herbicidas inibidores da ALS aplicados em pós-emergência no arroz de terras altas. *Planta Daninha*, 30:617-625.

Sartori GMS, Marchesan E, Azevedo CF, Streck NA, Roso R, Coelho LL & Oliveira ML (2013) Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. *Ciência Rural*, 43:397-403.

- Scheeren PL, Carvalho FIF & Federizzi LC (1997) Respostas do trigo à baixa luminosidade e suas implicações com o melhoramento genético. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32:1287-1293.
- Singh S (2000) Growth, yield and biochemical response of rice genotypes to low light and high temperature-humid stress. *Oryza*, 37:35-38.
- Singh S (2005) Effect of low-light stress at various growth phases on yield and yield components of two rice cultivars. *Crop management & physiology*, 36-37.
- Song NH, Yin XL, Chen GF & Yang H (2007) Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide chlorotoluron in soils. *Chemosphere*, 68:1779–1787.
- SOSBAI (2012) XXIX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Gravatal, Sociedade sul-brasileira de Arroz irrigado. 177p.
- Steinmetz S & Braga HJ (2001) Zoneamento de arroz irrigado por épocas de semeadura nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 9:429-438.
- Steinmetz S, Deibler AN & Silva JB (2013) Estimativa da produtividade de arroz irrigado em função da radiação solar global e da temperatura mínima do ar. *Ciência Rural*, 43:206-211.
- Yoshida S (1981) *Fundamentals of rice crop science*. Los Bãnos, International Rice Research Institute. 269p.
- Yasuor H, Osuna MD, Ortiz A, Saldain NE, Eckert JW & Fischer AJ (2009) Mechanism of resistance to penoxsulam in late watergrass [*Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koss.]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57:3653-3660.

Van Eerd LL, Hoagland RE & Zablotowicz RM (2003) Pesticide metabolism in plants and microorganisms. *Weed Science*, 51:472-495.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Foi avaliada a interação entre luz e temperatura sobre o desenvolvimento inicial de cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz vermelho.

O desenvolvimento inicial das cultivares de arroz irrigado IRGA 424 e PUITA INTÁ-CL e dos biótipos de arroz vermelho AV 6716 e AV 6722, foi estimulado pela luz vermelha, sob temperatura mais baixa, sobretudo o comprimento de parte aérea, e inibido pela luz verde em temperatura mais alta.

As cultivares e biótipos estudados têm comportamento semelhante entre si frente à temperatura e luz durante o desenvolvimento inicial. A luz, em especial na faixa de comprimento de onda do vermelho, permitiu o desenvolvimento das plântulas em menor temperatura, sobretudo a morfologia da parte aérea, de forma similar ao crescimento sob temperatura ótima, permitindo sugerir que promove o aumento na tolerância ao frio em arroz.

Avaliou-se o efeito da época de semeadura e da redução artificial da luminosidade em diferentes fases do desenvolvimento das plantas, sobre a seletividade dos herbicidas bispiribaque sódico e penoxsulam e componentes de produtividade do arroz irrigado.

A época de semeadura mostrou influência sobre a seletividade de bispiribaque sódico, sendo que quando realizada próximo ao início do período recomendado reduziu a produtividade da cultivar estudada. A redução artificial de luz em diferentes fases do ciclo não afetou a seletividade dos herbicidas.

Os componentes de produtividade foram afetados pela época de semeadura, principalmente o número de panículas por área, o qual foi favorecido pela semeadura em novembro. A redução artificial da luminosidade em diferentes fases

do desenvolvimento afetou a maioria das variáveis, assim como a produtividade, independentemente da fase de desenvolvimento que a mesma ocorreu.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; MORAES, P. V. D.; TIRONI, S. P.; DAL MAGRO, T.; VIGNOLO, G. K. Interferência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) em função da época de irrigação. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 689-696, 2007.
- ANDRES, A.; MACHADO, S. L. O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JR., A. M. (Eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 457-546, 2004.
- APOSTOL, S.; SZALAI, G.; SUJBERT, L.; POPOVA, L. P.; JANDA, T. Non-invasive monitoring of the light-induced cyclic photosynthetic electron flow during cold hardening in wheat leaves. **Zeitschrift für Naturforsch**, v. 61, p. 734-740, 2006.
- BECK, E. H.; HEIM, R.; HANSEN, J. Plant resistance to cold stress: Mechanisms and environmental signals triggering frost hardening and dehardening. **Journal Bioscience**, v. 29, n. 4, p. 449–459, 2004.
- CATALÁ, R.; MEDINA, J.; SALINAS, J. Integration of low temperature and light signaling during cold acclimation response in *Arabidopsis*. **PNAS**, v. 108, n. 39, p. 16475-16480, 2011.
- CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento**, agosto 2013 / Companhia Nacional de Abastecimento – Brasília: Conab, 2013.
- CRUZ, R. P. da; MILLACH, S. C. K. Melhoramento genético para tolerância ao frio em arroz irrigado. Revisão Bibliográfica. **Ciência Rural**, v. 30, n. 5, p. 909–917, 2000.

EBERLEIN, C. V., GUTTIERI, M. J., THILL, D. C., BAERG, R. J. Altered acetolactate synthase activity in ALS - inhibitor resistant prickly lettuce (*Lactuca serriola*). **Weed Science**, v. 45, n. 2, p. 212-217, 1997.

GRAY, G. R.; CHAUVIN, L. P.; SARHAN, F.; HUNER, N. P. A. Cold acclimation and freezing tolerance (a complex interaction of light and temperature). **Plant Physiology**, v. 114, p. 467-474, 1997.

HARTWIG, I.; BERTAN, I.; GALON, L.; NOLDIN, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A. Tolerância de trigo (*Triticum aestivum*) e aveia (*Avena* sp.) a herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 361-368, 2008.

JANDA, T.; SZALAI, G.; LESKÓ, K.; YORDANOVA, R.; APOSTOL, S.; POPOVA, L. P. Factors contributing to enhanced freezing tolerance in wheat during frost hardening in the light. **Phytochemistry**, v. 68, p. 1674-1682, 2007.

MAJLÁTH, I.; SZALAI, G.; SOÓS, V.; SEBESTYÉN, E.; BALÁZS, E.; VANKOVÁ, R.; DOBREV, P. I.; TARI, I.; TANDORI, J.; JANDA, T. Effect of light on the gene expression and hormonal status of winter and spring wheat plants during cold hardening. **Physiologia Plantarum**, v. 145, p. 296-314, 2012.

MARTINI, L. F. D.; NOLDIN, J. A.; AVILA, L. A.; SCHREIBER, F.; VARGAS, H.; LANGES, R. Toxicidade de herbicidas na cultura do arroz irrigado submetido ao estresse por baixas temperaturas. In VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, Balneário Camboriú: SOSBAI, p. 415-418, 2011.

NEGRISOLI, E.; VELINI, E. D.; TOFOLI, G. R.; CAVENAGHI, A. L.; MARTINS, D.; MORELLI, J. L. & COSTA, A. G. F. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 567-575, 2004.

OLSEN, J. E. Ectopic expression of phytochrome A in hybrid aspen changes critical day length for growth and prevents cold acclimation. **Plant Journal**, v. 12, p. 1339-1350, 1997.

SINGH, S. Growth, yield and biochemical response of rice genotypes to low light and high temperature-humidity stress. **Oryza**, v. 37, n. 1, p. 35-38, 2000.

SOSBAI. XXIX REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO.

Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Sociedade sul-brasileira de Arroz irrigado. Gravatal, RS, 2012.

SWEETSER, P. B.; SCHOW, G. S. & HUTCHISON, J. M. Metabolism of chlorsulfuron by plants: biological basis for selectivity of a new herbicide for cereals. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 17, p. 18-23, 1982.

SZALAI, G.; PAP, M.; JANDA, T. Light-induced frost tolerance differs in winter and spring wheat plants. **Journal of plant physiology**, v. 166, p. 1826-1831, 2009.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice cropscience**. Los Bãnos: International Rice Research Institute, 1981. 269 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722p

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