

CONCLUSÃO

A população CNA 12/1/1 mostra-se, entre todos os genótipos avaliados, como a de maior potencial para a extração de linhagens de arroz irrigado, como também, a mais promissora para novos ciclos de seleção recorrente em Roraima

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRONDANI, C.; RANGEL, P.H.N; BRONDANI, R.P.V; FERREIRA,M.E. QTL mapping and introgression of yield-related traits from *Oryza glumaepatula* to cultivated rice (*Oryza sativa*) using microsatellite markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v.104, p.1192-1203,2002.
- CORDEIRO, A C C; SOARES, A A; RAMALHO, M A P; RANGEL,P.H.N. Effect of the number of intercrosses on grain yield in basic rice synthetic populations. **Euphytica**, 132:79-86. 2003.
- CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de; NECHET, K. L.; MASSARO, A. L **Recomendações técnicas para o cultivo do arroz irrigado em várzeas em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. 19 p. (Embrapa Roraima. Circular Técnica, 06).
- CORDEIRO, A C C; MEDEIROS, R.D.de. Desempenho produtivo de genótipos de arroz oriundos de hibridação interespecífica entre *Oryza sativa* e *Oryza glumaepatula*, em várzea de Roraima. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v 5, n.10, jan/jun 2010.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes** - Versão Windows, aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG:UFV, 2001. 648 p.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Standard Evaluation System For Rice**. Manilla: INGER/Genetic Researches Center, 1996. 52p.
- RANGEL,P.H.N; CORDEIRO, A C C; LOPES, S.I.G; MORAIS, O P de; BRONDANI, C; BRONDANI, R. P.V; YOKOYAMA, S; SCHIOCCHET, M; BACHA, R; ISHIY, T. Advances in population improvement of irrigated rice in Brazil. In: GUIMARÃES, E.P (ed). **POPULATION IMPROVEMENT: A WAY OF EXPLOITING THE RICE GENETIC RESOURCES OF LATIN AMERICA**. Rome, Food And agriculture organization of the United Nations. 2005 b. p.145-180.
- SANTOS,P.G. **Escolha de populações segregantes para o programa de seleção de arroz de terras altas**. Lavras: UFLA,2000.106 p.(Tese- Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)

ADAPTAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO COM TOLERÂNCIA À HERBICIDA EM RORAIMA

Antonio Carlos Centeno Cordeiro¹; Paulo Hideo Nakano Rangel²; Roberto Dantas de Medeiros³; Alex Ricarte Linhares de Sá⁴; Lindenberg Matos Galvão⁵

Palavras-chave: *Oryza sativa*, Clearfield, Imidazolinonas, melhoramento.

INTRODUÇÃO

Em Roraima, o arroz vermelho, está presente em praticamente todas as áreas de produção de arroz irrigado e como pertence à mesma espécie do arroz cultivado (*Oryza sativa* L) representa um problema sério pois seu controle não pode ser realizado com herbicidas comumente usados para o controle de outras plantas daninhas, normalmente seletivos ao arroz. Segundo Eberhardt e Noldin (2005), os prejuízos relacionados à competição com arroz-vermelho podem causar perdas de até 55% na produtividade de grãos de arroz. Por outro lado, no caso de nenhum método de controle ser utilizado, a incidência de plantas daninhas, de um modo geral, em lavouras de arroz irrigado, pode reduzir em 85% a produtividade de grãos (FLECK et al. 2004).

Entretanto, com o advento de linhagens com tolerância à herbicidas (mutante 93AS3510) do grupo químico das imidazolinonas, (herbicida Only®) obtidas por mutação química induzida (CROUGHAN et al., 1998), a Universidade de Louisiana (EUA) em cooperação com a BASF desenvolveu o Sistema de Produção Clearfield® (CL) para arroz irrigado, visando principalmente o controle do arroz vermelho (LOPES et al., 2004).

A primeira cultivar de arroz irrigado disponibilizado comercialmente para o sistema de produção Clearfield® no Brasil foi o IRGA 422 CL. Esta cultivar foi obtida através de um programa de retrocruzamentos utilizando como genitor recorrente o IRGA 417, que destaca-se pela produtividade, qualidade de grão e boa adaptabilidade a todas as regiões orizícolas do Rio Grande do Sul e como genitor doador de tolerância a linhagem 93AS3510. Posteriormente um novo mutante, que proporciona um espectro maior de resistência, foi obtido e transferido para a cultivar americana de arroz irrigado Cypress CL, que possui alta produtividade, ciclo precoce, planta com arquitetura moderna e excelente qualidade de grãos. Assim, desde então, várias linhagens vem sendo obtidas tanto pela iniciativa privada como por empresas de pesquisa públicas (RANGEL, 2007).

Em Roraima, o sistema Clearfield® vem sendo utilizado com o uso da cultivar IRGA 422 CL que é a mais adotada pelos produtores devido a boa adaptação às condições locais. Mais recentemente, outra cultivar denominada Puitá INTA CL, desenvolvida na Argentina, também vem sendo utilizada. No entanto, não se dispõe de resultados de pesquisa no Estado que confirmem a potencialidade destas e outras cultivares para esse fim.

O objetivo deste trabalho foi o de testar genótipos com tolerância à herbicidas, e principalmente, selecionar aqueles mais adaptados às condições locais, com produtividade de grãos compatíveis com as cultivares convencionais atualmente utilizadas, visando subsidiar os sistemas de produção do Estado.

¹ Eng. Agr., Dr. Pesquisador da Embrapa Roraima. Caixa Postal 133. Boa Vista-Roraima. CEP 69301-970. E-mail: acarlos@cpafrr.embrapa.br

² Eng. Agr., Dr. Pesquisador da Embrapa Arroz Feijão. E-mail: phrangel@cpafrr.embrapa.br

³ Eng. Agr., Dr. Pesquisadora da Embrapa Roraima. E-mail: roberto@cpafrr.embrapa.br

⁴ Eng. Agr., Aluno de Graduação do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Roraima (UFRR).

⁵ Eng. Agr., Aluno de Pós-Graduação do Curso de Mestrado em Agronomia da UFRR.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho teve início em novembro de 2000 com a conversão de cultivares de arroz irrigado para tolerância à herbicida da classe das imidazolinonas, realizado na Embrapa Arroz e Feijão em Santo Antônio de Goiás, GO. Foi utilizado o método do retrocruzamento, com seleção de plantas individuais a cada geração. Os genitores recorrentes foram as cultivares BRS Taim e BRS Pelota e a linhagem elite CNA 8502, sendo utilizado como doador do alelo de resistência o mutante As 3510. Além do cruzamento inicial foram realizados três retrocruzamentos e todo o processo de transferência do alelo foi conduzido em casa-de-vegetação. Após, foram selecionadas sete linhagens homocigotas para o alelo de resistência, sendo as linhagens CNA 10754, CNA 10755 e CNA 10756 oriundas da cultivar BRS Taim, as linhagens CNA 10757, CNA 10758 e CNA 10759, oriundas da cultivar BRS Pelota e a linhagem 10766 oriunda da linhagem elite CNA 8502. Estas, foram avaliadas juntamente com as cultivares testemunhas, BRS Taim, BRS Pelota e a linhagem CNA 8502, (sem tolerância à herbicida) e a cultivar IRGA 422 CL, em Ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) no Estado de Roraima, no ano de 2006/07, período de dezembro a março, em área de várzea de Rio Branco.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo a parcela formada por oito linhas de 5,00 m de comprimento. Nas parcelas das cultivares testemunhas sem o gene que confere tolerância à herbicidas, foi realizado o controle de plantas daninhas por meio de herbicidas convencionais e a catação manual de plantas de arroz vermelho.

Foram conduzidos três experimentos, utilizando três épocas de aplicação do herbicida, aos 5, 10 e 15 dias após a emergência das plantas daninhas, onde cada combinação cultivar x época, foi considerado um ambiente de teste diferente. O herbicida utilizado foi o Only®, na dosagem de 1 litro do produto comercial por hectare mais o adjuvante Dash na dosagem de 0,5% v/v, utilizando-se pulverizador manual pressurizado com barra e bicos em leque.

A adubação de base constou de 450 kg ha⁻¹ da fórmula 04-28-20+ 0,5% de zinco (Zn). A adubação em cobertura foi com 300 kg ha⁻¹ de uréia (45% de N) aplicada em duas doses de 150 kg ha⁻¹ no início do perfilhamento (15 dias após a emergência) e na diferenciação do primórdio floral (45 dias após a emergência). Foi utilizado o sistema de irrigação por inundação contínua.

A característica avaliada foi a produtividade de grãos em kg ha⁻¹. Foram realizadas análises de variância individuais e conjuntas, considerando cada época como um ambiente de teste. O teste de homocedasticidade dos quadrados médios dos resíduos, citado por Zimmermann (2004), foi aplicado, indicando a possibilidade de realização das análises conjuntas. Para a análise de agrupamento das médias dos tratamentos foi aplicado o teste de Scott e Knott (1974) em nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados das análises de variância conjuntas, foram detectadas diferenças altamente significativas ($P \leq 0,01$) para as fontes de variação tratamento e para a interação tratamento x ambiente (épocas de aplicação do herbicida). A significância da interação tratamento x ambiente mostra que o comportamento dos genótipos não foi consistente nos diferentes ambientes. Assim, os resultados serão apresentados e discutidos considerando cada ambiente.

Na Tabela 1 estão contidos os dados de produtividade de grãos dos 11 genótipos de arroz irrigado avaliados em cada ambiente. No primeiro ambiente (A1- aplicação de herbicida aos cinco dias após a emergência das plantas daninhas) os genótipos foram mais produtivos (7.231 kg.ha⁻¹) diferindo significativamente em relação aos demais. No entanto, mesmo com aplicações realizadas aos 10 (A2) e aos 15 dias (A3) após a emergência das

plantas daninhas, as produtividades médias foram consideradas boas (6.817 e 6.555 kg.ha⁻¹, respectivamente). Rangel (2007) comenta que de maneira geral aplicações de herbicidas realizadas em torno de 15 a 20 dias após a emergência, apresentam bom controle de plantas daninhas, sem apresentar efeito fitotóxico ao arroz possuidor do gene de tolerância ao herbicida Only®.

Comparando-se, o desempenho produtivo dos genótipos em cada ambiente verifica-se que no A1, as cultivares testemunhas não portadoras do gene, foram mais produtivas que as demais, com exceção da linhagem CNA 10757 CL, que apresentou produtividade de grãos sem diferença significativa com relação às cultivares testemunhas CNA 8502 e IRGA 422 CL. Já nos ambientes A2 e A3, embora detectadas diferenças significativas, observou-se que as linhagens CL avaliadas não diferiram significativamente para produtividade de grãos para pelo menos uma das testemunhas, demonstrando boa adaptação às condições locais. Destacou-se, entretanto, a linhagem CNA 10759 CL, com excelentes produtividades nos três ambientes (Tabela 1). Rangel (2007) também verificou produtividades de grãos similares entre cultivares portadoras do gene que confere tolerância à herbicida do grupo químico das imidazolinonas e cultivares testemunhas não portadoras do gene, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

Tabela 1 - Dados médios de produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) em cada ambiente e na média dos três ambientes de genótipos de arroz irrigado com tolerância à herbicidas em comparação com cultivares testemunhas em várzea de Roraima, no ano agrícola 2006/2007.

Genótipo	Ambiente (épocas de aplicação de herbicidas)			Média
	A1 (5 DAE)	A2 (10 DAE)	A3 (15 DAE)	
BRS Taim (T) ¹	8.267 aA	7.384 aB	5.880 cC	7.176 b
BRS Pelota (T) ¹	8.452 aA	7.096 aB	7.099 bB	7.549 a
CNA 8502 (T) ¹	7.862 bA	6.778 bB	6.270 cB	6.970 b
IRGA 422 CL (T) ²	7.733 bA	7.777 aA	6.285 cB	7.265 a
CNA 10754 CL	6.647 cA	6.560 bA	6.029 cB	6.412 d
CNA 10755 CL	6.205 dA	6.356 bA	5.998 cA	6.186 d
CNA 10756 CL ³	6.437 dA	6.412 bA	6.356 cA	6.401 d
CNA 10757 CL	7.818 bA	6.396 bB	6.163 cB	6.792 c
CNA 10758 CL	6.818 cA	6.642 bA	7.168 bA	6.876 b
CNA 10759 CL	7.159 cB	7.245 aB	8.084 aA	7.496 a
CNA 10766 CL	6.140 dA	6.348 bA	6.780 bA	6.422 d
Média	7.231 A	6.817 B	6.555 C	6.920
CV(%)	5,92	5,76	8,01	---

DAE: dias após a emergência das plantas daninhas.

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na mesma coluna, e maiúscula, na mesma linha, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

¹Testemunha sem o gene que confere de tolerância à herbicida;

²Testemunha com o gene que confere de tolerância à herbicida

³ Lançada em 2010 como **BRS Sinuelo CL** pela Embrapa Clima Temperado para o Rio Grande do Sul

CONCLUSÃO

Não houve efeito fitotóxico aparente nas linhagens possuidoras do gene que confere resistência ao herbicida Only®;

As maiores produtividades de grãos foram obtidas quando o herbicida foi aplicado aos cinco dias após a emergência das plantas daninhas;

A linhagem CNA 10759 CL foi a mais produtiva, entre as demais linhagens avaliadas, mostrando-se promissora para uso em Roraima;

As cultivares IRGA 422 CL e BRS Sinuelo CL mostram-se como boas opções para uso em várzeas de Roraima que estão infestadas por plantas daninhas, em especial de arroz vermelho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CROUGHAN, T.P. **Herbicide resistant rice**. U.S. patent 5,773,704. 1998.
- EBERHARDT, D. S.; NOLDIN J. A. Dano causado por arroz-vermelho (*Oryza sativa*) em lavouras de arroz irrigado, sistema pré-germinado. IV Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. **Anais**. Santa Maria, RS. p.184-186. 2005.
- FERREIRA, D.F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0**. p. 255-258. In Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45. UFSCar, São Carlos. Programa e Resumos. 2000.
- FLECK, N.G. et al. Interferência de plantas concorrentes em arroz irrigado modificada por métodos culturais. **Planta Daninha**, viçosa, v.22, n.1, p.19-28, 2004.
- LOPES, M.C.B.; ROSSO, A.F. de; LOPES, S.I.G. et al. IRGA 422CL a cultivar desenvolvida para o Sistema de Produção CLEARFIELD Arroz. **Lavoura Arrozeira**. Porto Alegre, p.33-38, 2004.
- RANGEL, P.H.N. **Conversão de cultivares/linhagens de arroz para tolerância ao herbicida do grupo das imidazolinonas**. Embrapa Arroz e Feijão e BASF. Santo Antônio de Goiás. Relatório Técnico. 2007. 50 p.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, n. 03, p. 507-512, 1974.
- ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 40 p.

TOLERANCIA A FRÍO EN ESTADIOS TEMPRANOS DEL DESARROLLO EN ARROZ: CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE GERMOPLASMA DE ORIGEN DIVERSO Y VARIACIÓN ALÉLICA EN GENES CANDIDATOS

Pachecoy, M.I.^{1*}, Marín, A.R.¹, Pontaroli, A.C.²

Palabras clave: frío, plántula, germinación, polimorfismo de nucleótido simple, indel

INTRODUCCIÓN

El arroz es una especie de clima templado-subtropical a subtropical susceptible a frío durante las etapas iniciales del desarrollo (FAO, 2003). Las bajas temperaturas pueden afectar el crecimiento y desarrollo del cultivo desde la germinación hasta el llenado de los granos, reduciendo marcadamente el rendimiento (NAKAGAHARA *et al.*, 1997). En particular, la germinación, el establecimiento de plántulas, el inicio del estadio reproductivo y el llenado de granos son los momentos de mayor riesgo de daño por frío (YE *et al.*, 2009).

Si bien existen en el mundo materiales tolerantes, actualmente no se dispone de materiales de este tipo adaptados a la región arrocería argentina, con los que se podría adelantar la fecha de siembra, hacer coincidir la floración con el momento de máxima radiación solar y aumentar el rendimiento.

Según el régimen térmico de Corrientes no habría riesgo de daño por bajas temperaturas en la etapa reproductiva, pero éstas podrían ser una limitante en la etapa de germinación y establecimiento del cultivo.

En este sentido, ya se ha realizado el mapeo de la tolerancia a bajas temperaturas al estadio de plántula en poblaciones segregantes y el mapeo fino de un QTL asociado al carácter (ANDAYA Y MACKILL, 2003). A su vez se han propuesto varios genes candidatos, entre ellos *OsGSTZ1*, *OsGSTZ2* (ANDAYA Y TAI, 2006) y *OsCDPK13* (ABBASI *et al.*, 2004).

Si bien se dispone de información sobre el control genético de la tolerancia a bajas temperaturas en estadios tempranos del desarrollo en arroz (LOU *et al.*, 2007; WANG *et al.*, 2009; KIM, *et al.*, 2011), no se conoce el comportamiento del material del programa de mejoramiento genético de la EEA INTA Corrientes para dicho carácter.

Por consiguiente, los objetivos del presente trabajo fueron (1) caracterizar el comportamiento de 116 materiales genéticos de arroz de la EEA INTA Corrientes, de origen diverso, en condiciones controladas de bajas temperaturas en las etapas de germinación y establecimiento de plántula (2) determinar la variación alélica de los genes candidatos *OsGSTZ1*, *OsGSTZ2* y *OsCDPK13* en algunos de dichos materiales genéticos y (3) evaluar la asociación entre el comportamiento frente a bajas temperaturas y el genotipo de la planta para dichos genes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron como tratamientos 116 materiales de la EEA INTA Corrientes, incluidos seis cultivares de comportamiento conocido (cuatro tolerantes y dos susceptibles) frente a bajas temperaturas al estado de plántula. El diseño empleado fue un BDCA con tres repeticiones.

Germinación: el factor de bloqueo fue la ubicación dentro de la cámara y la unidad experimental una tira de papel con 35 semillas de cada material. Las semillas se pusieron a germinar en cámara fría a 12 °C de acuerdo con el protocolo de evaluación y selección por

¹EEA Corrientes INTA, Ruta 12 km 1008 (3400) Corrientes, Argentina; *mpachecoy@corrientes.inta.gov.ar;

²EEA Balcarce INTA-CONICET, Ruta 226 km 73,5 (7620) Balcarce, Argentina.

tolerancia a frío en germinación propuesto por el Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR, CORREDOR et al., 2007).

Plántulas: el factor de bloqueo fue la fecha de siembra, y la unidad experimental, cinco plántulas de cada material ubicadas en celdas consecutivas de una bandeja de almácigo, que se evaluaron siguiendo la metodología descrita por Andaya y Tai (2006). Al estado de tres hojas ingresaron a cámara fría a 9°C y fotoperíodo de 12 h. Se determinó su reacción a los 8, 10, 12 y 14 días usando una escala visual de severidad de síntomas de 1 (tolerante) a 9 (susceptible) (IRRI 1996).

Variación alélica: se emplearon los diez materiales genéticos de respuesta más contrastante a frío en el estadio de plántula (cinco tolerantes y cinco susceptibles). Para los tres genes candidatos, se amplificó la región codificante en varios fragmentos por gen mediante el empleo de iniciadores específicos. Se realizó la secuenciación y posteriormente el análisis y alineamiento de las secuencias obtenidas para la detección de polimorfismos.

Análisis estadísticos: Los datos obtenidos a partir de las observaciones realizadas en el estadio de plántula fueron analizados con el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 1999), con la opción de análisis de mediciones repetidas en el tiempo. Luego se realizó un análisis multivariado de conglomerados utilizando el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2010) y el coeficiente de similitud de Jaccard. Se establecieron arbitrariamente cuatro grupos de líneas según su comportamiento frente a bajas temperaturas.

Para el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de germinación se utilizó el procedimiento GLM del SAS. Posteriormente se realizó un análisis multivariado utilizando como variable el porcentaje de semillas germinadas con coleóptilos de longitud igual o mayor a 4 mm y, como criterio de clasificación, a las líneas, formando cuatro grupos al igual que para la evaluación en el estadio de plántula, pero empleando en este caso el coeficiente de distancia euclídea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los testigos empleados tuvieron una respuesta acorde a lo esperado en la evaluación fenotípica. Además, tanto en la germinación como en el estadio de plántula se detectaron materiales de comportamiento similar a los testigos, intermedio entre testigos tolerantes y susceptibles y más extremo (Figuras 1 y 2), pero no se halló correlación entre ambos estadios ($r=0,0118$). Luego, para los dos estadios en estudio, se realizó un análisis multivariado de conglomerados para el que se definieron previamente cuatro grupos según su tolerancia a frío (Figura 3 y 4)

Con respecto al análisis de la variación alélica, se hallaron diferencias entre los genotipos analizados en cuanto al éxito de la amplificación y el tamaño de los amplicones obtenidos a partir de fragmentos de los tres genes en estudio. Para cada uno de los fragmentos se alinearon las secuencias obtenidas con las correspondientes secuencias de referencia (ADN genómico y ADNc para las dos subespecies de arroz cultivado, *japonica* e *indica*, extraídas de bases de datos públicas). Se analizó la densidad de polimorfismos de nucleótido simple (“SNPs”) e inserciones/deleciones (“indels”) (Tabla 1).

Se identificaron polimorfismos (tanto SNPs como indels) en los tres genes analizados. La densidad de SNPs encontrados en cada uno de ellos varió ligeramente. Se detectaron 2,6, 3,2 y 3 SNPs por kb y 0,75, 0 y 1 indel por kb para los genes *OsGSTZ1*, *OsGSTZ2* y *OsCDPK13* respectivamente. Se encontró un total de 34 polimorfismos en los tres genes (28 SNPs y seis indels) y se determinó su ubicación en intrones y exones (Tabla 2 y 3). Del total de polimorfismos detectados, nueve (26,5%) separaron a los diez materiales según su respuesta en la evaluación fenotípica (ocho SNPs y un indel). De estos, dos de los SNPs se localizaron en exones, uno se detectó en la región no traducida 3', y los restantes SNPs y el indel se hallaron en intrones. Para los SNPs hallados en exones se determinó la ubicación de la base polimórfica en el codón y se realizó la traducción de la región codificante a proteína para determinar el tipo de cambio producido. Únicamente uno de los SNPs (A>G), ubicado en el gen *OsGSTZ2*, resultó en un cambio de aminoácido

(Ile>Val). La presencia de este SNP en los materiales analizados indicaría una asociación del alelo G con la sensibilidad a bajas temperaturas. No obstante, debería verificarse si dicha asociación se mantiene en un mayor número de genotipos.

CONCLUSIÓN

- Se cuenta con amplia variabilidad para la tolerancia a bajas temperaturas en estadios tempranos del desarrollo entre las líneas avanzadas del programa de mejoramiento genético de arroz de la EEA INTA Corrientes, si bien resta establecer la asociación entre dicha variabilidad, detectada bajo condiciones controladas, y el comportamiento de las líneas en el campo.
- La tolerancia a bajas temperaturas estará controlada genéticamente, al menos en parte, de manera independiente en cada uno de los estadios evaluados (germinación y plántula).
- Existe variación alélica para dos de los tres genes candidatos evaluados en este estudio, al menos en las líneas utilizadas.
- Dicha variación alélica está asociada con el fenotipo de las líneas evaluadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASI, F.; ONODERA, H.; TOKI, S.; TANAKA, H.; KOMATSU, S. *OsCDPK13*, a calcium-dependent protein kinase gene from rice, is induced by cold and gibberellin in rice leaf sheath. *Plant Molecular Biology*. 55: 541–552. 2004.
- ANDAYA, V.C.; MACKILL, D.J. Mapping of QTL associated with cold tolerance during the vegetative stage in rice. *Journal of Experimental Botany*. 54:2579–2585. 2003.
- ANDAYA, V.C.; TAI, T.H. Fine mapping of the *qCTS12* locus, a major QTL for seedling cold tolerance in rice. *Theoretical and Applied Genetics*. 113:467–475. 2006.
- CORREDOR, E.; CRUZ, M.; BERRÍO L. Fitomejoramiento. Actividades sobresalientes 2006-2007; Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR), Colombia; 82 p. 2007.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Comisión Internacional del Arroz. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO; Roma, 73 p. 2003.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI). Standard evaluation system for rice, 4th edition. The International Network for Genetic Evaluation of Rice (INGER), the International Rice Testing program (IRTP), Philippines; 52 p. 1996.
- KIM, S.-I.; ANDAYA, V.C.; TAI T.H. Cold sensitivity in rice (*Oryza sativa* L.) is strongly correlated with a naturally occurring Ile99Val mutation in the multifunctional glutathione transferase isozyme GSTZ2. *Biochemical Journal*. 435: 373–380. 2011.
- LOU, Q.; CHEN, L.; SUN, Z.; XING, Y.; LI, J.; XU, X.; MEI, H.; LUO, A. A major QTL associated with cold tolerance at seedling stage in rice (*Oryza sativa* L.). *Euphytica*. 158:87–94. 2007.
- NAKAGAHARA, M.; OKUNO, K.; VAUGHAN, D. Rice genetic resources: history, conservation, investigative characterization and use in Japan. *Plant Molecular Biology*. 35:69–77. 1997.
- WANG, Z.; WANG, J.; WANG, F.; BAO, Y.; WU, Y.; ZHANG, H. Genetic Control of Germination Ability under Cold Stress in Rice. *Rice Science* 16(3): 173–180. 2009.
- YE, C.; FUKAI, S.; GODWIN, I.; REINKE, R.; SNELL, P.; SCHILLER, J.; BASNAYAKE, J. Cold tolerance in rice varieties at different growth stages. *Crop & Pasture Science*. 60:1–11. 2009.

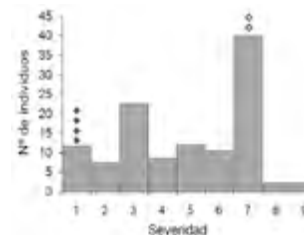


Figura 1. Número de líneas por categoría de la escala de severidad de IRRI (1996).

◆ Testigos tolerantes, ◇ Testigos susceptibles

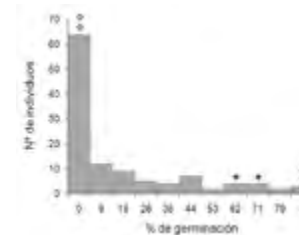


Figura 2. Número de líneas por categoría de porcentaje de germinación a 12°C.