

MELHORAMENTO GENÉTICO VEGETAL

USO DA SENSITIVIDADE À RADIAÇÃO GAMA NA DISCRIMINAÇÃO DE VARIEDADES DE ARROZ-DE-SEQUEIRO DOS GRUPOS ÍNDICA E JAPÔNICA⁽¹⁾

LUÍS ROBERTO FRANCO RODRIGUES⁽²⁾; AKIHIKO ANDO⁽³⁾

RESUMO

Avaliaram-se 65 variedades de arroz-de-sequeiro (*Oryza sativa* L.) quanto à sensibilidade à radiação gama. As sementes foram submetidas a sete doses de radiação gama e semeadas em caixas de madeira no delineamento em blocos completos ao acaso com três repetições. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação em 1992. A medida da sensibilidade foi efetuada por meio dos efeitos fisiológicos produzidos na geração M₁; determinaram-se as percentagens de emergência, sobrevivência e a altura das plântulas. Os resultados mostraram que a sensibilidade à radiação gama foi eficiente para discriminar os grupos Índica e Japônica nas dosagens de 300 e 360 Gy.

Palavras-chave: arroz, radiação gama, análise multivariada, variáveis canônicas.

ABSTRACT

USE OF GAMMA-RAYS SENSITIVITY FOR DISCRIMINATION OF UPLAND RICE CULTIVARS OF GROUPS INDICA AND JAPONICA

Sixty-five upland rice cultivars (*Oryza sativa* L.) were evaluated in relation to gamma-ray sensitivity. Seeds were subjected to seven doses of gamma-radiation and sown in wooden boxes in randomised complete block design with three replications. The experiment was conducted in greenhouse during the year of 1992. Physiological effects caused by radiation in the M₁ generation, were evaluated. The results showed that the sensitivity to the radiation at doses 300 and 360 Gy was useful for distinguishing Indica and Japonica groups.

Key words: rice, gamma-radiation, multivariate analysis, canonic variables.

1. INTRODUÇÃO

Desde a classificação inicial de KATO et al. (1928), as variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) vêm sendo classificadas em dois grupos principais que são Índica e Japônica. Essa classificação tem auxiliado na seleção dos progenitores e ampliação da base genética dos programas de melhoramento (FERREIRA et al., 2000).

As variedades de arroz podem ser classificadas nesses grupos por meio dos caracteres morfológicos, bioquímicos, moleculares e reações ao ambiente. De modo geral, apesar de serem utilizados como critério de classificação, o uso de caracteres morfológicos é limitado, pois não reflete a relação genética entre os materiais em razão da interação com o meio, da epistasia e da falta de conhecimento sobre o controle genético que atua nestes caracteres (SMITH e SMITH, 1989).

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 18 de setembro de 2002 e aceito em 26 de fevereiro de 2003.

⁽²⁾ Estudante de pós-graduação do curso de Genética da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Distrito de Rubião Júnior s/n, 18618-000 Botucatu (SP).

⁽³⁾ Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Piracicaba (SP).

Além disso, a maioria dos caracteres morfológicos apresenta uma amplitude de variação comum aos grupos Índica e Japônica, ou seja, uma variação sobreposta que dificulta a classificação mais precisa das variedades desses grupos. O formato ou a relação do comprimento/largura da espiguetta tem sido considerado como critério. Entretanto, a probabilidade de classificação errada das variedades entre os grupos Índica e Japônica é de 39%, demonstrando ser pouco seguro; já o comprimento da apícula tem 13,5% de probabilidade de classificação errada (MORISHIMA e OKA, 1981). Os mesmos autores constataram que os métodos bioquímicos e reações ambientais, tais como reação ao clorato de potássio, resistência à seca, sensibilidade ao frio, teste do álcool apresentam, respectivamente, 2,9, 10,2, 15,7 e 23,3 % de probabilidade de classificação errada.

A análise multivariada, combinando dados de dois ou mais métodos em uma função discriminante, aumenta o poder de precisão da classificação das variedades em grupos (OKA e CHANG, 1962). Os mesmos métodos bioquímicos e reações ambientais citados, combinados em função discriminante podem classificar as variedades em grupos, com probabilidade menor que 0,5% de classificação errada (MORISHIMA e OKA, 1981).

As técnicas moleculares tais como RFLPs (HELENTJARIIS et al., 1985), RAPDs (HALWARD et al., 1992; SCHMIDT et al., 1997), SSR ou microsatélite (FERREIRA e GRATTAPAGLIA, 1996) e bioquímicas como as isoenzimas (GLASZMAN, 1986, 1987; KOCHKO, 1987) têm sido úteis na classificação de variedades de arroz, mas, apresentam a desvantagem de inutilizar a amostra biológica.

Com base em estudos iniciais feitos por JOHNSON (1933) e SMITH (1942), tem sido demonstrada a diferença de sensibilidade à radiação entre as espécies, variedades, linhagens, híbridos, grupos varietais, tecidos e órgãos vegetais e entre estádios fenológicos da planta. SARIC (1961), estudando o efeito da radiação em sementes de milho com graus diferentes de heterozigose, constatou que as linhagens são mais sensíveis que os híbridos simples e estes, por sua vez, são mais sensíveis que os híbridos duplos. Os grupos Índica e Japônica também apresentam diferenças de radiosensibilidade (FUJII, 1962; RODRIGUES e ANDO, 2002). O objetivo deste trabalho foi discriminar variedades de arroz-de-sequeiro (*Oryza sativa* L.) dos grupos Índica e Japônica por meio da sensibilidade à radiação gama.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 65 variedades de arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.), pertencentes à coleção de germoplasma do Departamento de Genética da Escola

Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) (Quadro 1).

Amostras de 75 sementes secas, uniformes e com 14% de teor de umidade foram submetidas à exposição aguda de radiação gama nas dosagens de 60, 120, 180, 240, 300 e 360 Gy, utilizando-se como fonte de raios gama (^{60}C) o irradiador Gammabeam 650, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP).

As sementes irradiadas e as não-irradiadas (controle) foram semeadas imediatamente após a irradiação em caixas de madeira de 1,10 x 1,26 m com terra preparada, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados com três repetições e 25 sementes por tratamento. O experimento foi realizado em 1992 e mantido em casa de vegetação em uma área útil de 16,10 m². A medida da radiosensibilidade de plântulas M₁ foi feita aos 7, 10 e 30 dias anotando-se respectivamente:

- 1) Número de plântulas emergentes com 5 mm ou mais de altura (Emer.);
- 2) Altura das plântulas, medindo-se do solo até o ponto mais alto da folha com maior altura (cm);
- 3) Número de plântulas sobreviventes (Sobrev.).

Inicialmente, todos os caracteres foram submetidos à análise univariada para detectar a existência de variabilidade entre os grupos de acordo com a recomendação dada por CRUZ (1990). As análises estatísticas foram feitas com os dados em percentagens de emergência e sobrevivência transformados em arco seno da raiz quadrada da percentagem, mantendo-se os dados originais de altura.

Após a análise univariada, realizaram-se duas análises multivariadas com as três variáveis simultaneamente, visando detectar diferenças entre os grupos de arroz em cada dose, incluindo o controle não irradiado. Para detectar diferenças significativas entre vetores de médias dos grupos, utilizou-se o método recomendado por Wilks (1932). A visualização da discriminação dos grupos em espaço bidimensional foi feita pela construção de gráficos com as duas primeiras variáveis canônicas de cada dosagem, de acordo com RAO (1973). As duas técnicas de análise multivariadas foram feitas utilizando-se os programas SAS (1995) e GENES (2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise multivariada constatou-se que, excetuando o controle não irradiado e a dosagem de 60 Gy, os grupos apresentaram diferenças significativas nas demais dosagens ($P < 0,001$).

Quadro 1. Variedades de arroz-de-sequeiro utilizadas no experimento

Nome	Origem ⁽¹⁾	Instituição de origem ⁽²⁾	Grupo	Nome	Origem ⁽¹⁾	Instituição de origem ⁽²⁾	Grupo
Betete	Filipinas	IRRI	Índica	Col/Fukui/1965	Japão	-	Japônica
Daja	Filipinas	IRRI	Índica	Esojima	Japão	-	Japônica
Daw Pao	Filipinas	IRRI	Índica	Gaisen Mochi	Japão	-	Japônica
E 425	Filipinas	IRRI	Índica	Habiro	Japão	-	Japônica
Graboon	Filipinas	IRRI	Índica	Hakabou Aikoku	Japão	-	Japônica
Ketan Cere	Filipinas	IRRI	Índica	Hakamuri	Japão	-	Japônica
Ketek	Filipinas	IRRI	Índica	Ishiwari Mochi	Japão	-	Japônica
Ketji	Filipinas	IRRI	Índica	Iwate Hata Mochi	Japão	-	Japônica
Khao Deng	Filipinas	IRRI	Índica	Kahee	Japão	-	Japônica
Khao Khao	Filipinas	IRRI	Índica	Kinryuu	Japão	-	Japônica
Khao Khay	Filipinas	IRRI	Índica	Korotou Mochi	Japão	-	Japônica
Khao Mai Khai	Filipinas	IRRI	Índica	Kurasawa	Japão	-	Japônica
Khao Noi	Filipinas	IRRI	Índica	Kurohige	Japão	-	Japônica
Khao Phe	Filipinas	IRRI	Índica	Kyuushuu	Japão	-	Japônica
Khao Seng	Filipinas	IRRI	Índica	Nasukogane	Japão	-	Japônica
Khao Sum Neua2	Filipinas	IRRI	Índica	Nourin 16	Japão	--	Japônica
Lai Luang	Filipinas	IRRI	Índica	Nourin 5	Japão	-	Japônica
Lembese	Filipinas	IRRI	Índica	Nourin Mochi 17	Japão	-	Japônica
Lokan	Filipinas	IRRI	Índica	Oohata	Japão	-	Japônica
Mah Nam Pui	Filipinas	IRRI	Índica	Oohata Mochi	Japão	-	Japônica
Majangan	Filipinas	IRRI	Índica	Owari Hata Mochi	Japão	-	Japônica
Matopu Garatas	Filipinas	IRRI	Índica	Senshou	Japão	-	Japônica
Menurun	Filipinas	IRRI	Índica	Terenzu	Japão	-	Japônica
Pah Yan	Filipinas	IRRI	Índica	Tomoe Mochi	Japão	-	Japônica
Rusip	Filipinas	IRRI	Índica	Urasan	Japão	-	Japônica
Selibon Siangan	Filipinas	IRRI	Índica	Yakari	Japão	-	Japônica
Serung	Filipinas	IRRI	Índica	Yonoyuki Mochi	Japão	-	Japônica
Sono Atom	Filipinas	IRRI	Índica	Bico Ganga	GO	CNPAF	Japônica
Tjempo Tsino	Filipinas	IRRI	Índica	Dourado Precoce	SP	CNPAF	Japônica
Wiang	Filipinas	IRRI	Índica	Guaíra	.(³)	CNPAF	Japônica
Akayakan	Japão	-	Japônica	Iguape	-	CNPAF	Japônica
Bansei Mochi	Japão	-	Japônica	Pratão Precoce	-	CNPAF	Japônica
Bansei Tarou	Japão	-	Japônica				

(¹) Estados brasileiros: GO = Goiás; SP = São Paulo; (²) IRRI = International Rice Research Institute, Filipinas; CNPAF = Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Goiânia, GO; (³) - Sem informação.

Esse fato significa que, para os grupos de variedades avaliados neste trabalho, houve uma regularidade da resposta à radiação gama do ponto de vista multivariado.

O quadro 2 apresenta as comparações entre médias de grupos pelo teste de Tukey. Todos os caracteres foram afetados pelas dosagens de radiação. As reduções observadas nesses caracteres podem ser atribuídas aos efeitos fisiológicos de origem cromossômica e extracromossômica provocados pelas radiações (GAUL, 1977).

Para a emergência, o grupo Índica diferiu do grupo Japônica em todas as doses, exceto na dose 0 Gy. Para esse caráter, o grupo Japônica foi o mais sensível à radiação. Os grupos não diferiram nas dosagens de 0 e 60 Gy para o caráter altura. O grupo Japônica apresentou as maiores reduções de altura em relação ao grupo Índica nas dosagens de 300 e 360 Gy.

Para a sobrevivência, os grupos Índica e Japônica são iguais apenas nas dosagens de 0 e 60 Gy. Esses resultados estão de acordo com aqueles encontrados por FUJII (1962) e SIDDIQ e SWAMINATHAN et al. (1968). Esses autores verificaram que as variedades do grupo Japônica são mais sensíveis à radiação do que as variedades do grupo Índica.

As funções discriminantes Z1 e Z2 para as variedades dos grupos Índica e Japônica em cada dosagem são dadas no quadro 3. Para a maioria das dosagens, o caráter altura foi o que menos contribuiu para variação total encontrada (dados não apresentados).

As figuras de 1 a 7 apresentam os gráficos, um para cada dose, utilizando-se as primeiras variáveis canônicas, considerando-se os três caracteres avaliados. Pode ser observado que, nas doses de 0 a 240 Gy, as variedades não puderam ser separadas nitidamente em dois grupos.

Quadro 2. Médias de emergência (Emer.), altura (Alt.) e sobrevivência (Sobrev.) de plântulas M₁ entre grupos, em função das doses de radiação gama aplicadas em arroz-de-sequeiro. Piracicaba (SP), 1992

Caráter	Dose	Grupo		C.V.	D.M.S
		Índica	Japônica		
				%	
Emer.	0	92,10A	90,21A	8,4	5,00
	60	90,34 A	84,18B	12,3	4,30
	120	88,46 A	81,90 B	12,0	4,20
	180	89,77 A	80,34 B	8,1	3,50
	240	86,82 A	77,91 B	10,7	3,00
	300	81,18 A	76,23 B	11,0	2,01
	360	80,34A	75,3 B	10,0	4,02
Alt.	0	12,97 A	13,07 A	9,3	0,34
	60	12,89 A	12,97 A	9,2	0,33
	120	12,23 A	12,26B	8,5	0,28
	180	11,48 B	12,16 A	10,4	0,39
	240	10,9 B	11,18 A	10,6	0,03
	300	10,1 A	9,38 B	11,2	0,29
	360	8,88 A	6,81 B	9,8	0,28
Sobrev.	0	95,10A	93,21 A	13,0	5,00
	60	88,23 A	86,45 A	11,3	3,10
	120	87,01A	80,81 B	12,2	4,00
	180	86,30 A	79,21 B	12,3	5,23
	240	84,23 A	73,15 B	12,8	4,10
	300	79,35 A	72,14 B	11,0	5,00
	360	69,01A	64,03 B	10,0	4,00

Médias seguidas pelas mesmas letras, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

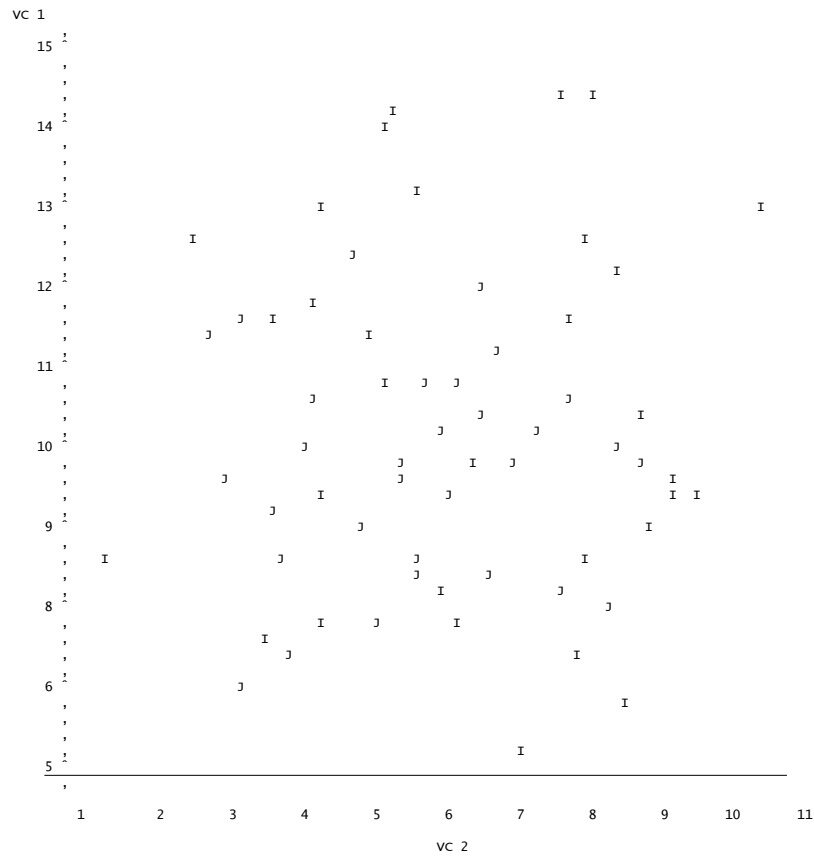


Figura 1. Dispersão das 65 variedades de arroz pertencentes aos grupos Índica (I) e Japonica (J) com base nas primeiras variáveis canônicas obtidas de emergência, altura e sobrevivência na dose 0 Gy.

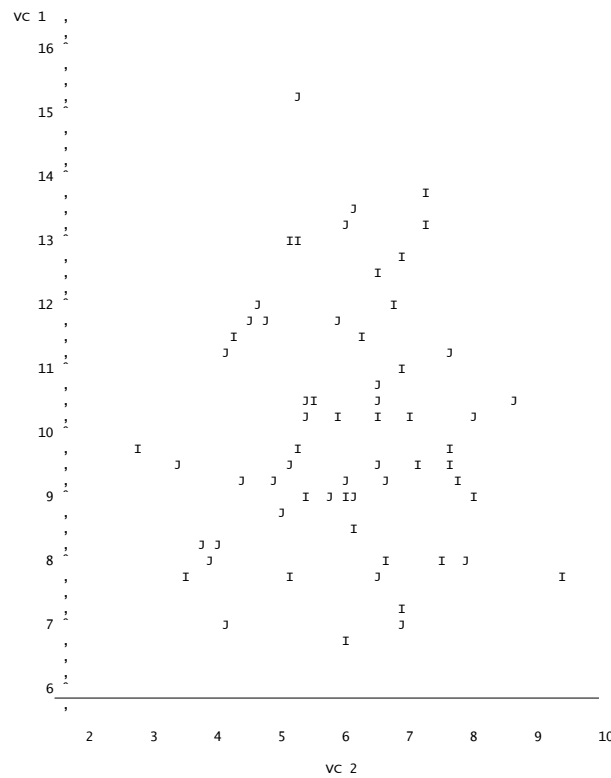


Figura 2. Dispersão das 65 variedades de arroz pertencentes aos grupos Índica (I) e Japonica (J) com base nas primeiras variáveis canônicas obtidas de emergência, altura e sobrevivência na dose 60 Gy.

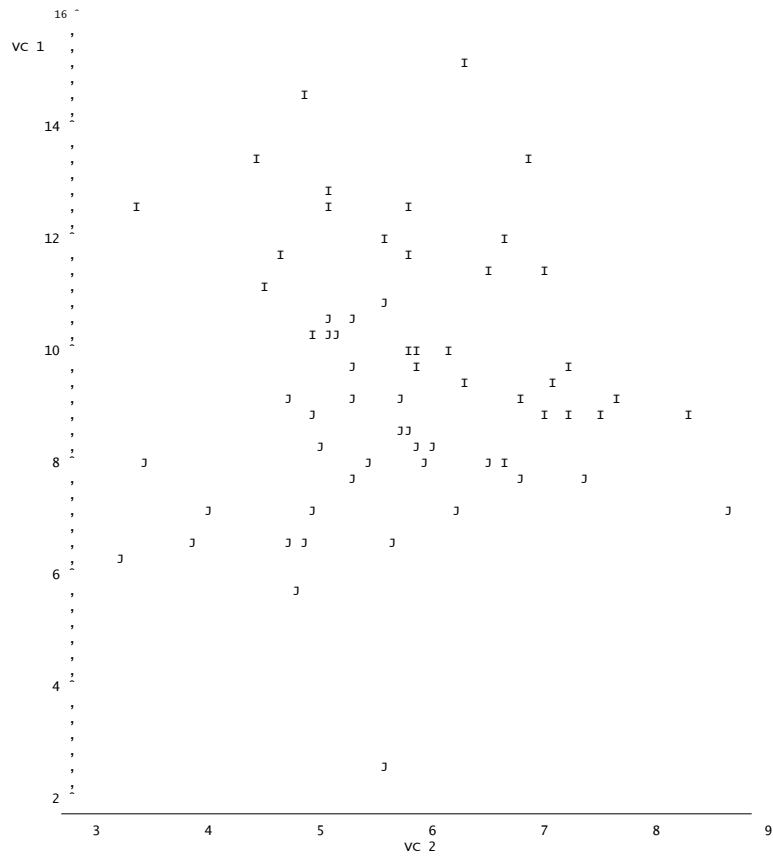


Figura 3. Dispersão das 65 variedades de arroz pertencentes aos grupos Índica (I) e Japônica (J) com base nas primeiras variáveis canônicas obtidas de emergência, altura e sobrevivência na dose 120 Gy.

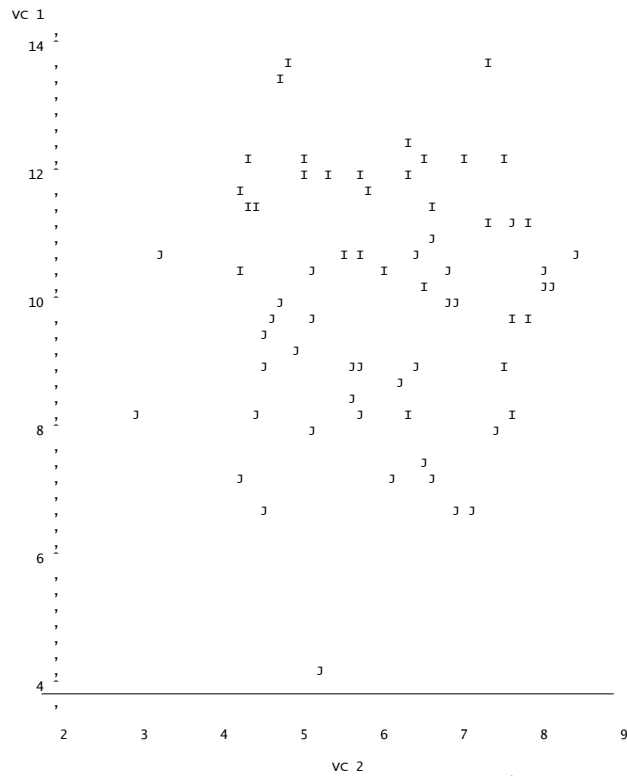


Figura 4. Dispersão das 65 variedades de arroz pertencentes aos grupos Índica (I) e Japônica (J) com base nas primeiras variáveis canônicas obtidas de emergência, altura e sobrevivência na dose 180 Gy.

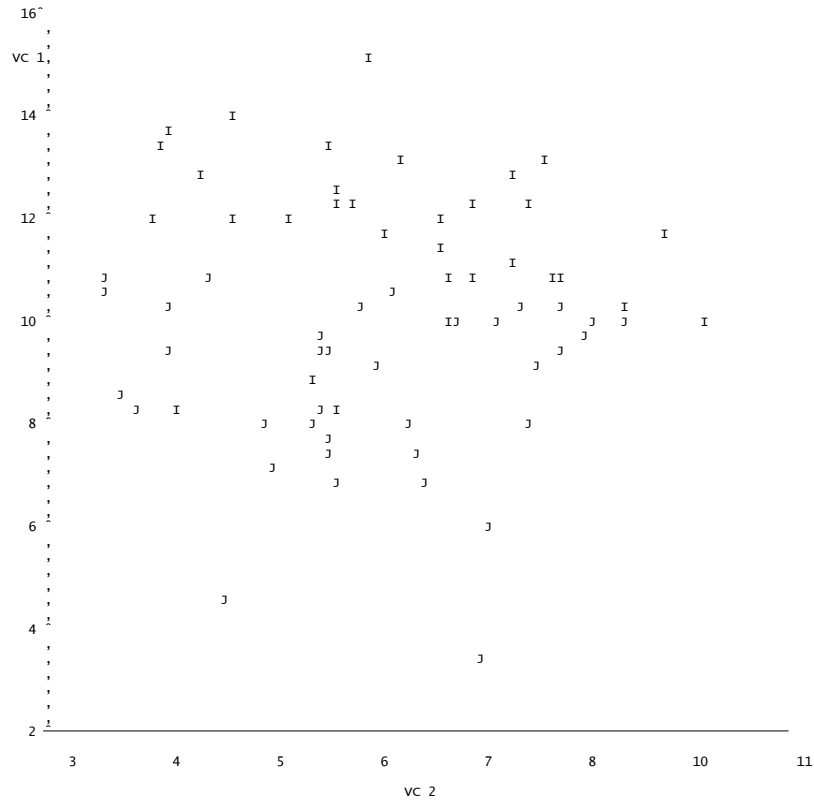


Figura 5. Dispersão das 65 variedades de arroz pertencentes aos grupos Índica (I) e Japonica (J) com base nas primeiras variáveis canônicas obtidas de emergência, altura e sobrevivência na dose 240 Gy.

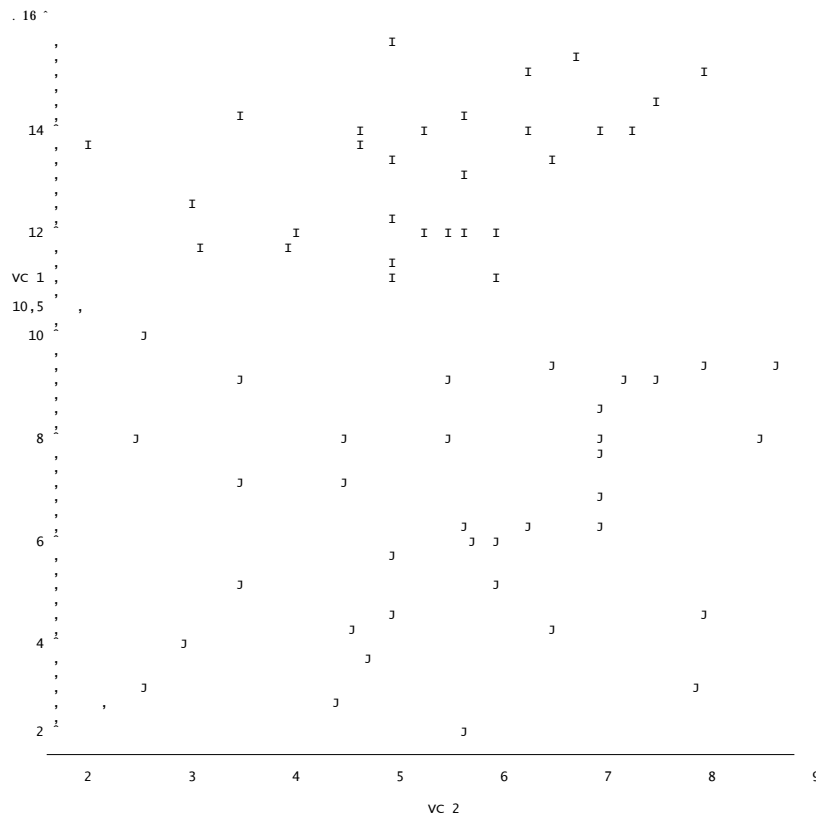


Figura 6. Dispersão das 65 variedades de arroz pertencentes aos grupos Índica (I) e Japonica (J) com base nas primeiras variáveis canônicas obtidas de emergência, altura e sobrevivência na dose 300 Gy.

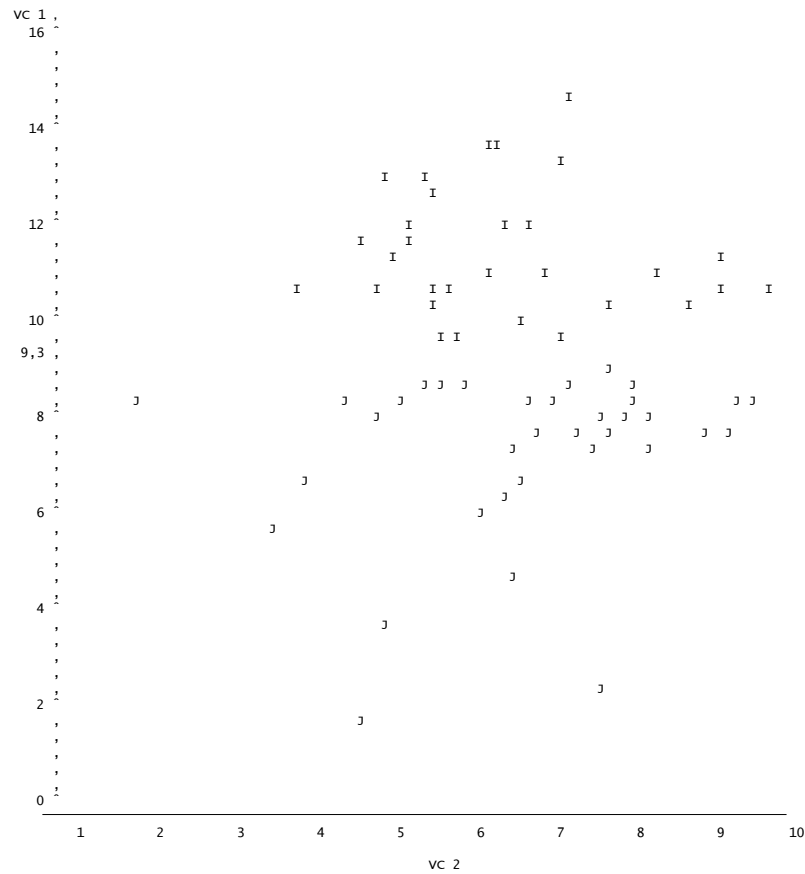


Figura 7. Dispersão das 65 variedades de arroz pertencentes aos grupos Índica (I) e Japonica (J) com base nas primeiras variáveis canônicas obtidas de emergência, altura e sobrevivência na dose 360 Gy.

Quadro 3. Funções discriminantes (Z_1) e (Z_2) para as variedades dos grupos Índica e Japonica em cada dosagem

Dose (Gy)	Função discriminante (Z_1) ¹	Função discriminante (Z_2)
0	$Z_1 = 0,992 X_1 - 0,212 X_2 + 0,312 X_3$	$Z_2 = 0,773 X_1 - 0,342 X_2 + 0,213 X_3$
60	$Z_1 = 0,699 X_1 - 0,398 X_2 + 0,397 X_3$	$Z_2 = 0,555 X_1 + 0,456 X_2 + 0,750 X_3$
120	$Z_1 = 0,701 X_1 + 0,791 X_2 - 0,230 X_3$	$Z_2 = -0,405 X_1 + 0,119 X_2 + 0,961 X_3$
180	$Z_1 = 0,802 X_1 - 0,593 X_2 + 0,392 X_3$	$Z_2 = 0,902 X_1 - 0,693 X_2 + 0,492 X_3$
240	$Z_1 = 0,881 X_1 + 0,152 X_2 + 0,252 X_3$	$Z_2 = 0,981 X_1 + 0,252 X_2 + 0,155 X_3$
300	$Z_1 = 0,588 X_1 + 0,792 X_2 + 0,159 X_3$	$Z_2 = 0,691 X_1 - 0,598 X_2 + 0,391 X_3$
360	$Z_1 = 0,974 X_1 - 0,102 X_2 - 0,201 X_3$	$Z_2 = -0,132 X_1 + 0,459 X_2 + 0,879 X_3$

(¹) X_1 , X_2 e X_3 : médias das variáveis de emergência, altura e sobrevivência, respectivamente, transformadas pelo método da condensação pivotal.

Entretanto, na dosagem de 240 Gy, a maioria dos escores das variedades do grupo Índica ocupou a parte superior do gráfico, enquanto a maioria do grupo Japônica ocupou a parte inferior. Nas dosagens de 300 e 360 Gy as variedades dos dois grupos puderam ser separadas. Os valores de $Z1 = 10,5$ e $Z1 = 9,3$ são os limites de separação entre os grupos nas dosagens de 300 e 360 Gy respectivamente. Dessa forma, as diferenças de radiosensibilidade das variedades estudadas, observadas nas dosagens 300 e 360 Gy, foram úteis para discriminar os grupos. De acordo com CONGER et al. (1961), o teor de umidade das sementes é um dos fatores que tem grande influência no grau de radiosensibilidade.

No presente estudo, as sementes apresentavam teor de umidade uniforme. Por isso, esses resultados poderiam ser explicados pela origem e evolução dos grupos Índica e Japônica. Vários trabalhos relataram que esses grupos diferem para um grande número de genes (OKA, 1958; MORISHIMA e OKA 1981, OKA 1988). GLASZMANN (1987) encontrou diferenças significativas na frequência alélica entre esses grupos para algumas isoenzimas, incluindo a catalase.

As peroxidases, as enzimas reparadoras e as catalases têm um papel fundamental na recuperação das células e na decomposição de produtos da radiação. Dessa forma, a origem e a evolução desses grupos em ambientes diferentes, ao conferir-lhes maior valor adaptativo, podem ter aumentado a frequência alélica para a produção dessas isoenzimas.

A diferença de sensibilidade à radiação gama encontrada entre os grupos também pode ser explicada pela função protetora que a casca da semente exerce sobre o embrião. De acordo com RAMARATHANAM et al. (1989), a casca evita que os lipídios sejam decompostos pela ação oxidativa da radiação. Segundo os autores, esse sistema protetor é mais eficiente nas variedades do grupo Índica.

4. CONCLUSÕES

1. A radiosensibilidade foi eficiente para discriminar as variedades de arroz dos grupos Índica e Japônica nas dosagens 300 e 360 Gy;

2. As variedades de Japônica foram mais sensíveis à radiação gama do que as do grupo Índica.

AGRADECIMENTOS

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONGER, B. V.; KONZAK, C.F.; NILAN, R.A. Radiation sensitivity and modifying factors. In: *Effects of ionizing radiation on seeds*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1961. p.139-152.
- CRUZ, C.D. *Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas*. 1990. 188f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba (SP).
- FERREIRA, M.E.; PENTEDO, M.I.O; BRONDANI, C.; FERREIRA, M.A.; RANGEL, P.H.N. Caracterización y uso de marcadores RAPD y microsatélites (SSR) en el monitoreo del programa de mejoramiento poblacional en arroz. In: GUIMARÃES, E.P. *Avances en el mejoramiento poblacional en arroz*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p.37-62.
- FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. *Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética*. Brasília: Embrapa Cenargem, 1996. 220p.
- FUJII, T. Radiosensitivity in plants. V. Experiments with several cultivated and wild rices. *Japanese Journal Breeding*, Tokyo, v.12, p.131-136, 1962.
- GAUL, H. Plant injury and lethality. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Manual on mutation breeding*. 2.ed. Vienna, 1977. p.87-91. (Technical reports series, 119).
- GLASZMAN, J.C. A varietal classification of Asian cultivated rice (*Oryza sativa* L.) based on isozymes polymorphism. In: INTERNATIONAL RICE GENETICS SYMPOSIUM, 1986. *Proceedings...* Manila: International Rice Research Institute, 1986. p.86-90.
- GLASZMAN, J. C. Isozymes and classification of Asian rice varieties. *Theoretical Applied Genetics*, Berlin, v.74, p.21-30, 1987.
- GENES. *Programa estatístico*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 440p.
- HALWARD, T.; STALKER, T.; LARUE, E.; KOCHERT, G. Use of single-primer DNA amplification in genetic studies of peanut (*Arachis hypogea* L.). *Plant Molecular Biological*, Dordrecht, v.18, p.315-325, 1992.
- HELENTJARIS, T.; KING, G.; SLOCUM, M. SIEDENSTRANG, C.; WEGMAN, S. Restriction fragment polymorphisms as probes for plant diversity and their development as tools for applied plant breeding. *Plant Molecular Biological*, Dordrecht, v.5, p.109-118, 1985.
- JOHNSON, E.L. The influence of X-radiation in *Atriplex hortensis* L. *New Phytologist*, London, v.32, p.297-307, 1933.
- KATO, S.; KOSAKA H.; HARA, S. *On the affinity of rice varieties as show by fertility of hybrid plants*. Fukuoka: Faculty Agricultural, Kyushu University, 1928. p.132-147. (*Bulletin Scientific*, 3)
- KOCHKO, A. Isozymic variability of traditional rice (*Oryza sativa* L.) in Africa. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v.73, p.675-682, 1987.

- MORISHIMA, H.; OKA, H.I. Phylogenetic differentiation of cultivated rice. *Japanese Journal Breeding*, Tokyo, v.31, p.402-413, 1981.
- OKA, H.I. Índica-japonica differentiation of rice cultivars. In: OKA, H.I. Amsterdam: Elsevier, 1988. cap.7, p.141-170.
- OKA, H.I. Intervarietal variation and classification of cultivated rice. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding*, New Delhi, v.18, p.79-89, 1958.
- OKA, H.I.; CHANG, W.T. Rice varieties intermediate between wild and cultivated forms and origin of the japonica type. *Botany Bulletin Academy Sinica*, Tokyo, v.5, p.120-138, 1962.
- RAMARATHANAM, N.; OSAWA, T, MITSUO, N.; KAWAKISHI, S. Studies on changes in fatty acid composition and content of endogenous antioxidants during gamma irradiation of rice seeds. *Journal American Oil Chemistry Society*, London, v.66, p.105-108, 1989.
- RAO, C. *Linear Statistical Inference and Its Applications*, 2.ed. New York: John Wiley, 1973. 625p.
- RODRIGUES, L.F.R.; ANDO, A. Caracterização e avaliação de três grupos de arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) de procedência diferente por meio da sensibilidade à radiação gama. *Bragantia*, Campinas, v.61, N.1, P.17-23, 2002.
- SARIC, M. The effects of irradiation in relation to the biological traits of seed irradiated. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Effects of ionizing radiation on seeds*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1961, p.103-115.
- SAS INSTITUTE. *SAS Language and procedures: usage*. Cary, 1995. 473p.
- SCHMIDT, A.; RANGEL, P.H.N.; FERREIRA, M.E. Identification of Indica and Japonica-specific regions of the *Oryza sativa* genome. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.20:C69, p.152.
- SIDDIQ, E.A; SWAMINATHAN, M.S. Induced mutations in relation to the breeding and phylogenetic differentiation of *Oryza sativa*. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Rice breeding with induced mutations*. Vienna, 1968. p.25-33. (Technical reports series, 86).
- SMITH, L. Hereditary susceptibility to X-ray injury in *Triticum Monococcum*. *American Journal Botany*, London, v.24, p.189-191, 1942.
- SMITH, J.S.C.; SMITH, O.S. The description and assessment of distances between inbred lines of maize. II. The utility of morphological, biochemical and genetic descriptors and scheme for testing of distinctiveness between inbred lines. *Maydica*, Bergamo, v.34, p.151-161, 1989.
- WILKS, S.S. Certain generalizations in the analysis of variance. *Biometrika*, Raleigh, v.24, p.471-474, 1932.