

DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ VERMELHO

DORMANCY IN SEEDS OF RED RICE

Carla Andréa Delatorre¹

- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -

RESUMO

O arroz vermelho é considerado a principal planta daninha na maioria das lavouras de arroz, pois, além dos prejuízos causados pela competição, sua similaridade com o arroz cultivado dificulta seu controle. A dormência e a viabilidade de suas sementes no solo permitem a continuidade dos biotipos na lavoura e facilitam a disseminação para áreas próximas. A duração e a intensidade da dormência variam com o biotipo e com as condições ambientais vigentes durante o desenvolvimento da semente. A maior parte dos ecotipos apresenta dois tipos de dormência, uma devido às estruturas envoltórias e outra devido ao embrião. O período necessário para a superação da dormência é dependente das condições (temperatura e umidade) a que a semente é exposta após a maturação. Várias substâncias têm sido eficientes na quebra da dormência, em especial, ácidos e citocininas. Outros reguladores tiveram apenas efeito parcial. Ressalta-se que todas as substâncias testadas não atuaram sobre as estruturas envoltórias. O mecanismo pelo qual ocorre a manutenção/alívio da dormência permanece desconhecido.

Palavras-chave: germinação, *Oryza sativa*, dormência, reguladores de crescimento, barreiras físicas.

SUMMARY

Red rice is considered the major weed in rice areas. The similarity between red rice and cultivated rice difficults the red rice control. Seed dormancy and viability in the soil allow the maintenance of the biotype in the area and facilitate the dissemination in surrounded areas. Dormancy duration and intensity depend on biotype and environmental conditions during seed development. In general, biotypes have two types of dormancy: one from surrounding structures and the other one from embryo. The dormancy relief can occur on different times. It depends on environmental conditions (temperature and humidity) in afterripening. Some substances have shown good results on breaking dormancy, in special, acids and cytokinins, however, other hormones have shown only a partial effect. These substances have not affected the surrounding structures. The red rice's mechanism of dormancy/relief is far from being estabilished.

Key words: germination, *Oryza sativa*, dormancy, plant hormones, physical barriers.

INTRODUÇÃO

O arroz é o principal alimento para a maioria da população da América Latina, correspondendo a 18% das calorias e 12% das proteínas da dieta básica (PEREIRA *et al.*, 1990). No Brasil, 60% do arroz é produzido no Rio Grande do Sul (RS) e em Santa Catarina (IRGA, 1993). As lavouras do RS têm sua produtividade reduzida principalmente devido ao deficiente controle de plantas daninhas (RANGEL, 1994). Prejuízos estes, que podem alcançar até 60% da produção estimada (MENEZES, comunicação pessoal).

O arroz vermelho e o arroz cultivado são de mesma espécie (*Oryza sativa*, L.), porém, o primeiro apresenta um maior teor de tanino (OGAWA, 1992) e, ou antocianina (PANTONE & BAKER, 1991) no pericarpo, ocasionando a coloração avermelhada. O arroz vermelho é considerado a daninha mais limitante ao aumento da produtividade, pois as plantas apresentam mesma demanda, em momentos próximos ou iguais pelos mesmos recursos. Há similaridade entre os tipos de planta em relação a características fisiológicas e bioquímicas, o que impossibilita, até o momento, a utilização do controle químico (KWON *et al.*, 1991).

O arroz vermelho causa redução no rendimento de engenho e deprecia o produto final do arroz (DIARRA *et al.*, 1985), pois a necessidade de maior polimento para retirada do pericarpo vermelho

¹Engenheiro Agrônomo, MSc., Professor Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, CP 776, Porto Alegre, RS, 91501-970. E-mail: cadtorre@ucdavis.edu.

aumenta a quebra de grãos, além de permanecerem estrias avermelhadas, reduzindo o valor de mercado (BAKER *et al.*, 1986).

Novas técnicas de manejo têm sido pesquisadas para a lavoura de arroz irrigado com o intuito de reduzir as perdas com o arroz vermelho, podendo se citar modificações na forma de semeadura, o aumento da densidade, redução do espaçamento (MENEZES, 1996), inclusive nos sistemas de cultivo, onde o sistema pré-germinado tem se mostrado o mais eficiente (BAKER *et al.*, 1986; NOLDIN, 1988).

As sementes de arroz vermelho apresentam dormência, sendo a intensidade e duração desta variáveis com o biotipo e com as condições ambientais. A dormência permite que ocorra a germinação em determinados períodos do ano, refletindo a sensibilidade da semente aos fatores do ambiente, sendo uma característica evolutiva, favorável em especial a plantas daninhas. A dormência de sementes, aliada à capacidade de persistir viável no solo, dificulta o controle, facilitando a reinfestação e a contínua realimentação do banco de sementes do solo.

A dormência de *Oryza sativa* vem sendo estudada desde o início do século, porém os mecanismos continuam obscuros. O objetivo deste trabalho é reunir os conhecimentos até agora obtidos em relação à dormência das sementes deste cereal, buscando identificar estratégias para superação da mesma.

Barreira física ou dormência do embrião ?

Existem, basicamente, duas categorias de dormência, uma onde sementes não conseguem completar o processo germinativo, porque o embrião encontra seu crescimento limitado pelas estruturas que o circundam: tegumento, pericarpo ou casca (lema, pálea e glumas) (BEWLEY, 1997). Neste caso, os embriões, quando isolados das sementes, prontamente germinam (COHN & BUTERA, 1982). A outra categoria de dormência se deve à incapacidade do embrião germinar por si, a qual vai sendo reduzida com o aumento da idade pós-colheita (DORE, 1955; KETRING & MORGAN, 1970; COHN & HUGHES, 1981; SUZUKI, 1981; de KLERK, 1987; NORTON, 1987; VIEIRA & BARROS, 1994).

O arroz vermelho pode apresentar as duas categorias de dormência, e em diferentes graus de ocorrência. Essas diferenças devem-se não só a características genéticas, demonstradas pelas variações entre populações, biotipos ou mesmo cultivares de *Oryza sativa* (DORE, 1955; JENNING & JESUS, 1964; SIKDER, 1967; ANTIGODES, 1978; MENEZES *et al.*, 1995), mas também às condições

ambientais vigentes durante o desenvolvimento das sementes (JENNING & JESUS, 1964; SIKDER, 1967; ARGEL & HUMPREYS, 1983; DELATORRE, 1994) e à posição das cariopses na panícula (DELATORRE, dados não publicados). Cariopses oriundas de diferentes plantas estão expostas a microambientes heterogêneos, o que pode modificar o balanço interno de reguladores de crescimento, alterando o grau de dormência, da mesma forma, cariopses de uma mesma panícula desenvolvem-se de modo seqüencial, sendo portanto expostas a condições ambientes diferenciadas.

Duração da dormência x condições pós-colheita

A duração da dormência em *Oryza sativa* é bastante variável, são encontrados biotipos que germinam prontamente após a colheita (SIKDER, 1967), outros onde a dormência dura de uma semana a quatro meses (DORE, 1955; MENEZES *et al.*, 1995), ou até mais de onze meses (COHN & HUGHES, 1981). Há relatos de sementes que se mantiveram dormentes no solo por mais de doze anos (GROSS & BROWN, 1939), porém, nestes casos, é possível ter sido utilizada metodologia inadequada para avaliação da idade pós-colheita das sementes.

A manutenção da dormência das sementes depende muito das condições pós-colheita às quais são submetidas. Segundo LI & FOLEY (1996), as condições pós-colheita podem facilitar a degradação de polipeptídeos que inibem a quebra de outros polipeptídeos associados à dormência, ou induzir, ou ativar proteínas requeridas para rápida degradação de RNAs associados à dormência. A temperatura é um dos principais fatores envolvidos. Segundo COHN & HUGHES (1981), a manutenção de sementes com 11 a 12% de umidade a 30°C reduziu a dormência a quatro semanas, a 20°C para seis semanas, enquanto a 5°C a dormência manteve-se até onze meses de idade pós-colheita, e a -15°C não foi observado alívio da dormência mesmo após um ano. Os autores consideraram que a dormência se devia à presença de glumas e glumelas (pálea e lema), no entanto a retirada destas reduziu a dormência em apenas uma ou duas semanas em relação às sementes com cascas, porém sementes mantidas a -15°C, quando sofriam algum dano no pericarpo, prontamente germinavam.

Convém ressaltar que a umidade parece ser o fator principal. Observou-se que sementes com umidade superior a 25% ou inferior a 5% mantiveram-se dormentes (QUAIL & CARTER, 1969; COHN *et al.*, 1984), enquanto entre 6 e 14% de umidade ocorreram os maiores efeitos do período pós-colheita sobre o alívio da dormência

(LEOPOLD *et al.*, 1988). Sugere-se que nestas unidades (região 1 e 2 da curva de entalpia) as sementes escapem da influência do metabolismo celular normal, ocorrendo reações oxidativas não enzimáticas. De um modo geral, poder-se-ia inferir que o alívio da dormência se deveu a modificações químicas ocorridas em um determinado conteúdo de água, e, ou a modificações físicas, durante o processo de desidratação, como exemplo pode ser citado o aumento de responsividade das células a giberelinas quando desidratam (ARMSTRONG *et al.*, 1982).

Quando as cariopses de arroz vermelho permanecem na lavoura, há grande possibilidade de manterem-se em um ambiente com alta umidade, já que é comum os solos permanecerem com elevado teor de água. Esta situação tende a facilitar a manutenção da dormência, porém também facilita a ação de microorganismos, os quais reduzem a viabilidade da semente ou mesmo podem facilitar a superação da dormência quando esta se deve às estruturas envoltórias do embrião.

A sistematização das lavouras de arroz pode auxiliar na redução da dormência do arroz vermelho, pois permite a retirada total da água, aumentando as possibilidades das cariopses manterem-se em teores de umidade que facilitem as modificações químicas e físicas necessárias à germinação.

Um dos fatores ambientais que mais comumente afetam a dormência em plantas daninhas, a luz, não tem demonstrado efeito significativo em arroz vermelho (COHN & BUTERA, 1982; COHN *et al.*, 1983).

Relação das estruturas envoltórias com a dormência

A dormência causada pelas estruturas envoltórias do embrião pode-se dever tanto à impermeabilidade, a trocas gasosas ou à água, como à limitação da expansão física do embrião (GARDENER, 1975; POLJAKOFF-MAYBER *et al.*, 1992).

SIKDER (1967) inferiu que a dormência em arroz vermelho em parte se devia à baixa permeabilidade da casca ao oxigênio. Em *Xanthium* e *Avena* há restrição à entrada de gases (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1989). Em *Sinapis arvensis*, o tegumento permite a passagem de pequenas quantidades de oxigênio, porém em taxas suficientes ao metabolismo; a dormência, nesse caso, deve-se à produção de um inibidor, induzido pelos baixos teores de oxigênio, que se acumula na semente, prevenindo a germinação. É possível que o mesmo ocorra em *Oryza sativa*, como sugerido por SIKDER (1967) e MIKKELSEN & SINAH (1961), pois CHATTERJEE *et al.* (1976) encontraram quatro diferentes compostos fenólicos com ação inibitória nas glumas.

Em cevada, a dormência é causada pela casca que absorve o oxigênio. E, em sementes dormentes, a absorção de oxigênio pela casca inicia com a embebição, enquanto em não-dormentes a absorção inicia doze horas após. Em aveia, ocorre o mesmo comportamento, porém a retirada da casca não reduz a dormência (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1989). ANTIGODES (1978), retirando a casca, reduziu a dormência em apenas um cultivar de arroz, porém COHN & CASTLE (1984) verificaram um aumento da permeabilidade da casca à passagem de gases, com o aumento da idade pós-colheita. Além disso, quando outros tratamentos (quebra da dormência) são aplicados, a retirada da casca aumenta a ação destes (COHN & HUGHES, 1981; COHN & BUTERA, 1982; COHN *et al.*, 1983; COHN & HUGHES, 1986; COHN *et al.*, 1987; COHN *et al.*, 1989), isto pode ser explicado pela absorção das substâncias ter sido facilitada pela ausência da casca ou pela redução da força necessária à expansão do embrião devido a menor barreira mecânica. Em mutantes de *Arabidopsis*, ocorreu redução da dormência devido a menor barreira mecânica (LEON-KLOOSTERZIEL *et al.*, 1994). E, em sorgo halepense, as glumas aderem firmemente à semente, prevenindo fisicamente a protrusão da radícula.

Quando a dormência se deve unicamente às estruturas envoltórias, pode ser rompida com a exposição das sementes à temperatura entre 50 e 65°C por um período variável de um a quatro dias. A temperatura e a duração do tratamento vai depender da intensidade da dormência (JENNING & JESUS, 1964), em outras espécies esta metodologia também é eficiente (HOLM, 1973).

Segundo COHN & HUGHES (1981), cariopses que sofriam dano no pericarpo germinavam prontamente. Várias hipóteses podem ser sugeridas, o pericarpo poderia estar restringindo a entrada ou saída de substâncias, (dormência devido às estruturas envoltórias); o dano causado aos tecidos pode causar síntese de substâncias que respondem ao estresse, as quais podem atuar na superação da dormência, (devido ao embrião em si e não às estruturas envoltórias).

O etileno é um dos principais hormônios liberados quando da ocorrência de estresse e atua em sinergismo com citocininas na quebra de dormência de *Stylosanthes humilis* (DELATORRE, 1994). Óxido nítrico é produzido em aleurona de cevada em resposta a estresses, e altera a conformação de canais iônicos, aumentando o influxo de Ca^{+2} no citoplasma (DURNER *et al.*, 1998; DELLEDONE *et al.*, 1998), podendo ativar a transcrição de genes específicos, como por exemplo TCH genes, os quais codificam

calmodulina (TCH1), e enzimas envolvidas com síntese e/ou modificação da parede celular (TCH 3 e TCH4) (PURUGGANAN *et al.*, 1997), facilitando o processo de expansão celular necessário à germinação.

Dormência devido ao próprio embrião

A dormência decorrente do próprio embrião está envolvida com o balanço entre promotores e inibidores do crescimento, ou com a sensibilidade do tecido a estes (KETRING & MORGAN, 1970; BALLARD & BUCHWALD, 1971; BIDDINGTON & LING, 1983). Esta condição conduz a redução na capacidade do embrião gerar força suficiente para crescer (KHAN, 1996).

Diferentes metodologias têm sido utilizadas na tentativa de quebrar a dormência de arroz vermelho e elucidar este mecanismo adaptativo.

Em algumas gramíneas, quando a embebição ocorre sob baixos pHs ocorre reversão da dormência e o processo de germinação é iniciado (BARROS, comunicação pessoal). ROBERTS (1963) obteve bons resultados ao manter por 24 horas as sementes em pH inferior a 2,0, desde que, após este período, as sementes fossem transferidas para pH mais próximo à neutralidade, ou seja, o baixo pH induziu o alívio da dormência, porém afetou negativamente a germinação. A manutenção em pH superior a 11,0 retardou a quebra da dormência. COHN *et al.* (1983) conseguiram quebrar a dormência de sementes descascadas com a aplicação de nitrito em pH 3,0, da mesma forma azida, cianida e hidroxilamina tiveram sua ação dependente do pH do meio (COHN & HUGHES, 1986), porém o efeito de reguladores de crescimento (citocininas, giberelinas e auxinas) não foi significativamente influenciado pelo pH (COHN & BUTERA, 1982).

No caso do nitrito, foi suposto que o baixo pH causou acidificação do nitrito formando um ácido fraco (HNO_2), forma talvez necessária para facilitar a entrada nas células. Quando a aplicação de nitrito foi indireta, via dióxido de nitrogênio, houve independência do pH (COHN & CASTLE, 1984), entretanto é sabido que na conversão de dióxido de nitrogênio para nitrito há passagem pela forma ácida. Sugere-se que o nitrito atue induzindo a quebra de ácido abscísico (KAISER & HARTUNG, 1981). Outra possibilidade é a conversão de NO_2 para óxido nítrico, o qual seria capaz de induzir expansão celular (foliar e radicular), potencializando o crescimento do embrião.

COHN *et al.* (1987) avaliaram a ação de diferentes ácidos sobre a dormência em vários pHs, com isto foi verificada ação efetiva de substâncias não consideradas reguladoras de crescimento nem

reguladoras de rotas essenciais. A ação promotora foi favorecida por meios com pH próximo do pK dos ácidos, a forma protonada mostrou-se portanto efetiva. Três hipóteses podem ser levantadas: a forma ácida entraria na célula dissociando-se devido ao pH celular, este aumento de prótons nas células causaria estresse ativando a bomba de prótons e, possivelmente, alterando níveis intracelulares de cálcio, promovendo a transcrição de determinados genes; haveria uma redução do pH interno das células, alterando o metabolismo; ocorreriam modificações na estrutura de membranas permitindo a difusão de substâncias inibidoras.

Em relação às substâncias reguladoras do crescimento, várias categorias têm sido testadas. Quando se fala em dormência, a relação entre ácido abscísico (AAB) e giberelinas é o primeiro fator considerado, pois supõe-se que o balanço entre estes reguladores seja mais importante que o nível absoluto dos mesmos (McCARTY, 1995).

O AAB se acumula na fase de enchimento dos grãos, e a ocorrência de germinação precoce é em geral associada a deficiências na síntese ou na sensibilidade ao AAB (HILHORST, 1995). Mutantes deficientes no conteúdo de AAB ou insensíveis a este dão embasamento a esta hipótese, porém existem mutantes de *Arabidopsis* com dormência reduzida (rdo), onde nem a sensibilidade nem a síntese de AAB foram alteradas (LEON-KLOOSTERZIEL *et al.*, 1996). BEWLEY (1997) inferiu que mutantes rdo apresentam bloqueio em algum processo controlado normalmente por AAB, que induz a dormência, porém KHAN (1996) considerou os mutantes rdo uma prova de que o AAB não é um fator de dormência.

A forma de ação do AAB ainda não é clara, sugere-se que a entrada de água seja inibida (WELBAUM *et al.*, 1992) ou ocorra ativação de determinados genes. Em embriões dormentes de cereais, foi observada transcrição 1,5 a 7 vezes maior em alguns genes do que em embriões não-dormentes, além de um tempo de meia-vida até quarenta vezes maior (LI & FOLEY, 1996). Alguns desses genes têm sua expressão aumentada pela presença de AAB. Os teores de AAB em arroz vermelho não foram avaliados até o momento.

Em relação ao ácido giberélico em arroz, ROBERTS (1963) conseguiu redução parcial da dormência com aplicação exógena, tendo seu efeito aumentado com o avanço da idade pós-colheita. Ainda existem dúvidas do efetivo papel das giberelinas na quebra da dormência, não se sabe ao certo, se o aumento da concentração de giberelinas durante a germinação é uma relação de causa e efeito ou se apenas acompanha o processo de alívio da dormência (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

Muitas espécies respondem a aplicação exógena de giberelinas, em especial os cereais, a indução à síntese de enzimas que atuam na quebra de amido tem sido considerada a razão principal. Em alguns casos, a necessidade de giberelinas está associada aos níveis de AAB, em outros, é independente (LEON-KLOOSTERZIEL *et al.*, 1996).

Outras classes de reguladores têm sido testadas, as auxinas e o etileno apresentaram baixa eficiência em arroz (ROBERTS, 1963; SIKDER, 1967). Porém, é preciso rever as formas de aplicação. Segundo MAYER & POLJAKOFF-MAYBER (1989), o ácido indolacético (AIA) é encontrado na forma éster em sementes de milho e arroz; sendo livremente convertido à forma ativa, há possibilidade de que a forma ligada (AIA-inositol) seja requerida para o acesso ao sítio de ação. É sugerido por GEHRING *et al.* (1990) que as auxinas causem aumento do conteúdo citossólico de Ca^{+2} livre, o qual ativaria a síntese de proteínas específicas.

As citocininas têm se mostrado eficientes na quebra de dormência de arroz vermelho, desde que, a casca tenha sido retirada. Supõe-se que a casca não atue apenas limitando a entrada, mas como um segundo fator inibidor da germinação (COHN & BUTERA, 1982). Os melhores resultados foram obtidos com cinetina. O tempo de exposição necessário é bastante curto. O contato com a solução por duas horas é suficiente para desencadear o processo germinativo. Porém, se as sementes forem embebidas em água e depois transferidas para o regulador de crescimento, a eficiência é reduzida pela metade. É possível que haja indução de dormência secundária similar ao que ocorre em outras espécies (ESASHI *et al.*, 1978). O modo de ação das citocininas no alívio da dormência é incerto. ABELES (1986) supôs que a promoção da germinação se dava por aumento do crescimento potencial do embrião, via alongamento do hipocótilo. Vários processos podem estar envolvidos, desde o estímulo a mobilização de nutrientes (VAN STADEN, 1983) até aumento de polirribossomos e síntese de ARN (HECKER *et al.*, 1982; ORDAS *et al.*, 1992).

A dormência tem se mostrado uma característica com comportamento genético mais similar a caracteres quantitativos do que a qualitativos. É provável que várias substâncias estejam envolvidas no processo de manutenção e alívio da dormência.

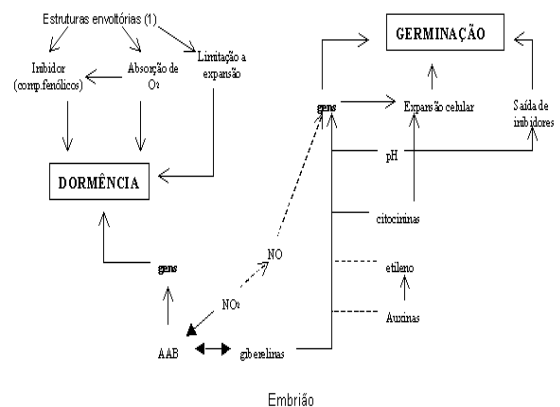
CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dormência pode ser o resultado de várias interações entre pericarpo e outras estruturas envoltórias e o próprio embrião, podendo ocorrer

desde limitação física até bloqueios metabólicos em diversas rotas e mecanismos.

O bloqueio real é a incapacidade das células radiculares alongarem, ou seja o último estágio da germinação. Muitos passos devem ser completados entre a percepção do sinal para a quebra da dormência e a emergência da radícula, isto dificulta a elucidação do modelo, pois pode haver mais de um ponto de estrangulamento.

Considerando as informações obtidas até o momento pode-se estabelecer o seguinte esquema:



(1) modificações físicas durante o período pós-colheita aumentam permeabilidade e conduzem a germinação

→ indicam (possível) efeito negativo

→ indicam (possível) efeito positivo

--- não evidenciado em arroz

Esforços devem ser direcionados no sentido de identificar quais os genes transcritos (ou enzimas produzidas) quando da quebra da dormência. No entanto, esta identificação fica dificultada uma vez que, quebra da dormência e germinação, apesar de serem processos diferentes, ocorrem quase simultaneamente (nas condições que a dormência é avaliada em laboratório). O uso da imunocitoquímica pode auxiliar na elucidação do processo, ao identificar a presença de substâncias antes ausentes na célula.

A avaliação de promotores e inibidores de forma seqüencial e em conjunto, bem como os avanços no conhecimento obtidos com o uso de mutantes e biotipos com características diferenciadas, devem auxiliar na identificação dos principais pontos regulatórios. Conhecidos os principais pontos regulatórios, torna-se viável o estabelecimento de técnicas eficientes para quebra da dormência a campo, que auxiliariam no controle desta planta daninha. As diferenças entre ecótipos, provavelmente, são apenas quantitativas, o mecanismo é o mesmo, estando sob controle genético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELES, F.B. Role of ethylene in *Lactuca sativa* cv. "Grand Rapids" seed germination. **Plant Physiol**, v. 81, p. 780-787, 1986.
- ANTIGODES, O. Determinacion de la duracion e intensidad de la latencia em semillas de arroz. **Camalfi**, v. 5, p. 70-75, 1978.
- ARGEL, R.J., HUMPREYS, L.R. Enviroment effects on seed developmet and hardseedness in *Stylosanthes humata* cv. Verano. I. Temperature. **Aust J Agric Res**, v. 34, p. 261-270, 1983.
- ARMSTRONG, C., BLACK, M., CHAPMAN, J.M. *et al.* The induction of sensitivity to gibberellin in aleurone tissue of developing wheat grains. I. Effect of dehydration. **Planta**, v. 154, p. 573-577, 1982.
- BAKER, J.B., SONNIER, E.A., SHREFLER, A.W. Integration of molinato use water manegement for red rice (*Oryza sativa*) control in water-seeded rice (*Oryza sativa*) **Weed Sci**, v. 34, p. 916-922, 1986.
- BALLARD, G., BUCHWALD, T. A viability test for seeds of townsville stylo using thiourea. **Austr J Exp Agric Anim Husb**, v. 2, p. 207-210, 1971.
- BEWLEY, J.D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, v. 9, p. 1055-1066, 1997.
- BIDDINGTON, N.L., LING, B. The germination of watercress (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) seeds. I. The effects of age, storage, temperature, light, and hoormones on germination. **J Hort Sci**, v. 58, p. 417-426, 1983.
- CHATTERJEE, A., SAHA, P.K., DADIJA DAS GUPTA *et al.* Chemical examination of viable and non-viable rice seeds. **Plant Physiol**, v. 38, p. 307-308, 1976.
- COHN, M.A., BUTERA, D.L. Seed doormancy in red rice (*Oryza sativa*). II. Response to cytokinins. **Weed Sci**, v. 30, p. 200-205, 1982.
- COHN, M.A., BUTERA, D.L., HUGHES, J.A. Seed doormancy in red rice. III. Response to nitrite, nitrate and ammonium ions. **Plant Physiol**, v. 73, p. 381-384, 1983.
- COHN, M.A., CASTLE, L. Dormancy in red rice. IV. Response of umbibibed and imbibing seeds to nitrogen dioxide. **Physiol Plant**, v. 60, p. 552-556, 1984.
- COHN, M.A., CHILES, L.A., HUGHES, J.A. *et al.* Seed dormancy en red rice. VI. monocarboxylic acids: a new class of pH-dependent germination stimulants. **Plant Physiol**, v. 84, p. 716-719, 1987.
- COHN, M.A., HUGHES, J.A. Seed dormancy in red rice(*Oryza sativa*). I. Effect of temperature on dry-afterripening. **Weed Sci**, v. 29, p. 402-404, 1981.
- COHN, M.A., HUGHES, J.A. Seed dormancy in red rice. V. Response to azide, hidroxilamine and cyanide. **Plant Physiol**, v. 80, p. 531-533, 1986.
- COHN, M.A., HUGHES, J.A., BUTERA, D.L. Dormancy and viability of red rice during maturation and storage. **Plant Physiol**, v. 75, p. 385, 1984.
- COHN, M.A., JONES, K.L., CHILES, L.A., *et al.* Seed dormancy en red rice. VII. Structure-activity studies of germination stimulants. **Plant Physiol**, v. 89, p. 879-882, 1989.
- DELATORRE, C.A. **Regulação não-específica da germinação de sementes de *Stylosanthes humilis* H.B.K.** Viçosa, 1994. 83 p. Dissertação (Mestrado em fisiologia vegetal) - Curso de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- DE KLERK, G.J. Release of dormancy during after-ripening of *Agrostema githago* seeds. **Physiol Plant**, v. 71, p. 335-340, 1987.
- DELLEDONNE, M., XIA, Y., DIXON, R.A. *et al.* Nitric oxide functions as a signal in plant disease resistance. **Nature**, v. 394, p. 585-588, 1998.
- DIARRA, A., SMITH J.R.R.J., TALBERT, R.E. Growth and morphological characteristics of red rice (*Oryza sativa*) biotypes. **Weed Sci**, v. 33, p. 310-314, 1985.
- DORE, J. Dormancy and viability of padi seed. **Malaysian Agric J**, v.38, p. 163-173, 1955.
- DURNER, J., WENDEHENNE, D., KLESSIG, D.F. Defense gene induction in tobacco by nitric oxide, cyclic GMP, and cyclic ADP-ribose. **Proc Natl Acad Sci USA**, v. 95, p. 10328-10333, 1998.
- ESASHI, Y., KATOH, H., LEOPOLD, A.C. Dormancy and impotency of cocklebur seeds. **Plant Physiol**, v. 59, p. 117-121, 1977.
- GARDENER, C.J. Mechanisms regulating germination in seeds of *Stylosanthes*. **Aust J Agric Res**, v. 26, p. 281-294, 1975.
- GEHRING, C.A., IRVING, H.R., PARISH, R.W. Effects of auxin and abscisic acid on cytosolic calcium and pH in plant cells. **Proc Natl Acad Sci USA**, v. 87, p. 9645-9649, 1990.
- GROSS, W.L., BROWN, E. Buried red rice. **J Am Soc Agron**, v. 31, p. 633-637, 1939.
- HECKER, M., KOHLER, K.H., WACHLIN, G. *et al.* Relation between DNA synthesis and germination of *Vaccaria pyramidata* seeds. **Phytochemistry**, v. 21, p. 1491-1494, 1982.
- HILHORST, H.W.M. A critical update on seed dormancy. I. Primary dormancy. **Seed Sci Res**, v. 5, p. 61-73, 1995.
- HOLM, A.McR. Laboratory procedures for germinating townsville stylo seeds pods. **J Aust Inst Agric Sci**, v. 3, p. 75-76, 1973.
- IRGA 1993. **Diagnóstico do complexo arroz nos Estados do RS, SC e MS no âmbito do Mercosul**. Porto Alegre: IRGA, 1993. 103 p.
- JENNING, P.R., JESUS, J.J.R. DE. Effect of heat on breaking seed dormancy in rice. **Crop Sci**, v. 4, p. 530-533, 1964.
- KAISER, W.M., HARTUNG, W. Uptake and release of abscisic acid by isolated photoautotrophic mesophyll cells depending on pH gradients. **Plant Physiol**, v. 68, p. 202-206, 1981.
- KETRING, D.L., MORGAN, P.W. Physiology of oil seeds. **Plant Physiol**, v. 45, p. 268-273, 1970.
- KHAN, A.A. Control and manipulation of seed dormancy. In: LANY G.A. (ed) 1996. **Plant dormancy: physiology, biochemistry and molecular biology**. Wilhingford (UK): CAB International, 1996. p. 29- 45.

- KWON, S.L., SMITH JR, R.J., TALBERT, R.E. Interference durations of red rice (*Oryza sativa*) in rice (*Oryza sativa*). **Weed Tech**, v. 5, p. 811-816, 1991.
- LEON-KLOOSTERZIEL, K., KEIJZER, C.J., KOORNNEEF, M. A seed shape mutant of *Arabidopsis* that is affected in integument development. **Plant cell**, v. 6, p. 385-392, 1994.
- LEON-KLOOSTERZIEL, K., VAN DE BUNT, G. A., ZEEVAART, J.A.D. *et al.* Arabidopsis mutants with a reduced seed dormancy. **Plant Physiol**, v. 110, p. 233-240, 1996.
- LEOPOLD, A.C., GLENISTER, R., COHN, M.A. Relationship between water content and afterripening in red rice. **Physiol Plant**, v. 74, p. 659-662, 1988.
- LI, B., FOLEY, M.E. Transcriptional and posttranscriptional regulation of dormancy-associated gene expression by afterripening in wild oat. **Plant Physiol**, v. 110, p. 1267-1273, 1996.
- MAYER, A.M., POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination seeds**. 4. ed. Great Britain: Pergamon, 1989. 270 p.
- MCCARTY, D.R. Genetic control and integration of maturation and germination pathways in seed development. **Ann Rev Plant Physiol Plant Mo Biol**, v. 46, p. 71-93, 1995.
- MENEZES, V.G. **Avaliação de arranjo de plantas de cultivares de arroz irrigado como alternativas de manejo do arroz vermelho**. Porto Alegre, 1996. 78 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.
- MENEZES, V.G., SILVA, P.R.F.D.A., DELATORRE, C.A. *et al.* Dormência em sementes de biotipos de arroz vermelho. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, XXI, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. 333 p. p. 268-271.
- MIKKELSEN, D.S., SINAH, M.N. Germination inhibition in *Oryza sativa* and control by preplanting soaking treatments. **Crop Sci**, v. 1, p. 332-335, 1961.
- NOLDIN, J.A. Controle de arroz vermelho no sistema de semeadura em solo inundado. **Lav Arroz**, v. 41, p. 11-13, 1988.
- NORTON, C.R. Post-harvest age-induced seed dormancy of *Acer ginnala* and its alleviation by growth regulators and low temperature treatments. **Ann Applied Biol**, v. 110, p. 169-174, 1987.
- OGAWA, M. **Red rice: chemistry and organism**. Japan, 1992. V. 30, p. 385-388.
- ORDAS, R.J., FERNANDEZ, B., RODRIGUEZ, R. Benzyladenine controlled protein synthesis and growth in apple cell suspension. **Physiol Plant**, v. 84, p. 229-235, 1992.
- PANTONE, D.J., BAKER, J.B. Weed-crop competition models and response-surface analysis of red rice competition in cultivated rice: a review. **Crop Sci**, v. 31, p. 1105-1110, 1991.
- PEREIRA, P.A., PINHEIRO, B. de S., TEIXEIRA, S.M. 1990. Rice in Brazil. **International Rice Commission Newsletter**, Roma, v. 39, p. 241-248, 1990.
- POLJAKOFF-MAYBER, A., SOMERS, G.F., WERKER, E. *et al.* Seeds of *Kosteletzkya virginica*: their structure, germination, and salt tolerance. I. Seed structure and germination. **Am J Bot**, v. 79, p. 249-256, 1992.
- PURUGGANAN, M.M., BRAAM, J., FRY, S.C. The arabidopsis TCH4 xyloglucan endotransglycosylase. **Plant Physiology**, v. 115, p. 181-190, 1997.
- QUAIL, P.H., CARTER, O.G. Dormancy in seeds of *Avena ludoviciana* and *A fatua* **Aust J Agric Res**, v. 20, p. 1-11, 1969.
- RANGEL, P.H.H. Seleção recorrente e híbridos, alternativas para aumentar o potencial produtivo das cultivares de arroz. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, Goiânia, 1994. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA/CNPAP, 1994. 296 p. p. 37-48.
- ROBERTS, E.H. The effect of some organic growth substances and organic nutrients on dormancy in rice seed. **Physiol Plant**, v. 16, p. 745-755, 1963.
- SIKDER, H.P. Dormancy of paddy seeds in relation to different seed treatments. **Expl Agric**, v. 3, p. 249-255, 1967.
- SUZUKI, Y. After-ripening as a factor in lettuce seed germination response. **Am J Bot**, v. 65, p. 859-863, 1981.
- VAN STADEN, J. Seeds and cytokinins. **Physiol Plant**, v. 58, p. 340-346, 1983.
- VIEIRA, H.D., BARROS, R.S. Response of seed of *Stylosanthes humilis* to germination regulators. **Physiol Plant**, v. 92, p. 17-20, 1994.
- WELBAUM, G.E., TISSAOUI, T., BRADFORD, K.J. Water relations of seed development and germination in muskmelon. III. Sensitivity of germination to water potential and abscisic acid during development. **Plant Physiol**, v. 92, p. 1029-1037, 1992.