



riticale

Fernando Irajá Félix de Carvalho
Alfredo do Nascimento Junior
Clause Fátima de Brum Piana

O triticale é um híbrido entre espécies de dois gêneros distintos e com expressiva barreira de incompatibilidade: trigo (*Triticum* spp.), como genitor materno; e centeio (*Secale* spp.), como genitor paterno. Apesar de já ter ocorrido espontaneamente na natureza, o triticale é um cereal sintético fabricado pelo homem com a intenção de reunir em uma única espécie as características favoráveis de seus antecessores. A primeira ocorrência deste híbrido intergenérico, resultante de cruzamento artificial, foi observada por Alexander Stephen Wilson em Edimburgo, na Escócia, no ano de 1875. O sucesso da fertilização artificial de trigo com pólen de centeio, que resultou em duas plantas híbridas com pilosidade próxima à espiga (pedúnculo piloso), foi então relatado para a Sociedade de Botânica de Edimburgo. Entretanto, apesar de ter despertado interesse como curiosidade botânica o híbrido revelava pouca utilidade prática, pois as plantas eram totalmente estéreis. O melhorista americano Elbert Sillick Carman obteve uma planta híbrida somente a partir de 1883.

Esse fato foi levado a público por meio de uma publicação original na *Rural New Yorker* (1884), reeditada por Leighty (1916), que mostrava o branqueamento perto da espiga. As plantas eram parcialmente férteis e produziram, aproximadamente, 10 espigas, cada uma com 19 grãos em média.

A primeira referência sobre um triticales fértil data de 1891, e relata os trabalhos realizados por Wilhelm Rimpau na Alemanha, em 1888, bem como a primeira ocorrência de triticales primários verdadeiros, resultantes do cruzamento entre o trigo *Sächsischer Rother Landweizen* e o centeio *Schlanstedter Roggen*. As sementes dos híbridos de Rimpau, que ainda são mantidas em bancos de germoplasma, foram fornecidas a vários pesquisadores. Esses híbridos continham 56 cromossomos, os quais foram confirmados por exames citológicos cerca de 45 anos mais tarde (OETTLER, 2005).

Foi durante a estação de cultivo em 1918, na Estação Experimental de Saratov (sudeste da Rússia), que o pesquisador Meister observou milhares de híbridos num campo experimental onde plantas de trigo com polinização parcialmente aberta, em ano anterior, haviam sido isoladas umas das outras por linhas de centeio (MEISTER, 1921). O híbrido entre trigo e centeio tinha pedúnculo piloso, caráter determinado por um gene dominante localizado no cromossomo 5R do centeio. A maioria desses híbridos era macho-estéril; entretanto, híbridos férteis também foram observados. Durante 16 anos, Meister e seus colegas exploraram as sementes desses híbridos e enfatizaram o valor prático desses cruzamentos intergenéricos. A caracterização citológica dos híbridos obtidos em 1929, por Levitzky e Benetzkaja (1930), confirmou a sua natureza anfidiplóide. As sementes obtidas por Meister são mantidas em bancos de germoplasma até hoje.

Uma considerável confusão tem sido feita com relação à nomenclatura científica e popular do novo anfidiplóide. Diversos nomes já foram propostos por pesquisadores.

O primeiro nome, *Tritico-secale rimpau*, foi sugerido em 1899 por L. Wittmack e era composto pelos dois gêneros em homenagem ao primeiro híbrido melhorado entre *Triticum aestivum* e *Secale cereale* (OETTLER, 2005). Cerca de 70 anos mais tarde, B. R. Baum, com o aval do Código Internacional de Botânica, sugeriu um nome científico mais apropriado para o híbrido intergenérico: \times *Triticosecale* Wittmack (BAUM, 1971). Para nome comum, M. Lindschau e E. Oehler recomendaram “triticale”, designação que tem sido aceita pela comunidade científica e é amplamente utilizada para a nova espécie (OETTLER, 2005). Algumas vezes, esses anfiplóides são também chamados de “Secalotricum” quando a espécie do gênero *Secale* é usada como genitor materno (GUPTA; PRIYADARSHAN, 1982).

Produção e desenvolvimento do triticale

O que esperar para o triticale? Essa questão tem sido repetida inúmeras vezes, refletindo um dilema para esse cereal. Seria isso um sonho? O triticale passou de simples curiosidade científica a um novo cereal de cultivo viável no curso de apenas poucas décadas.

Durante os primeiros trabalhos de cruzamentos entre trigo e centeio, pesquisadores e melhoristas de plantas dispunham de reduzida viabilidade natural do embrião híbrido e de baixa frequência de duplicação espontânea de cromossomos ou não redução de gametas de origem materna e paterna. Entretanto, com a descoberta da técnica de cultura *in vitro* para evitar o abortamento do embrião (LAIBACH, 1925, citado por OETTLER, 2005) e da técnica da utilização da colchicina como agente da duplicação cromossômica de híbridos de espécies estéreis (BLAKESLEE; AVERY, 1937), uma nova era teve início. Num ilimitado número de pesquisas, conduzidas em larga escala, essas novas ferramentas possibilitaram a produção de novos anfiplóides férteis.

Com a síntese de triticales octoplóides envolvendo trigo e centeio, a cruzabilidade entre esses dois genitores tornou-se relevante. Taylor e Quisenberry (1935) testaram a capacidade de cruzamento de trigo com centeio e avaliaram a herdabilidade desse caráter. Por meio de uma análise detalhada do caráter, Lein (1943), citado por Oettler (2005), concluiu que a presença de um gene denominado Kr1 resultava numa marcante redução da capacidade de cruzamento em relação à presença do gene Kr2. Pelo uso das linhas de substituição intervartais – o que envolve a substituição de pares de cromossomos do trigo hexaplóide Chinese Spring por pares de cromossomos da variedade Hope –, Riley e Chapman (1967) localizaram os genes Kr1 e Kr2 nos cromossomos 5B e 5A do trigo, respectivamente. Ambos os genes expressavam ação gênica de aditividade, mas o Kr2 tinha um efeito menor do que o Kr1 sobre o caráter testado. Na condição de heterozigose, esses genes retardavam ou inibiam a penetração do tubo polínico do centeio nas paredes do ovário do trigo, determinando modificações na fertilização e na formação de sementes (LANGE; WOJCIECHOWSKA, 1976). A grande maioria dos trigos hexaplóides da Europa tinha pequena capacidade de cruzamento com o centeio, apesar de haver grande quantidade desse cereal naquela região. Na região central da China, entretanto, a capacidade de hibridação era comum. A cultivar de trigo Chinese Spring é homocigota recessiva para esses dois genes e pode ser cruzada facilmente com centeio diplóide.

O possível efeito paterno do centeio na capacidade de cruzamento tem sido questionado. Pelo fato de muitos autores usarem cultivares de polinização aberta como genitores paternos, os resultados não têm sido conclusivos. No estudo com trigo tetraplóide de primavera – *T. durum* – e linhas endogâmicas de centeio como polinizadoras, Taira et al. (1978) mostraram efeitos materno e paterno significativos na capacidade de cruzamento. Esses resultados foram confirmados por Oettler (1982) por meio de

cruzamentos entre trigos de inverno, hexaplóides e tetraplóides, e linhas homozigotas de centeio.

A incapacidade de cruzamento tem sido mais uma barreira para os cruzamentos intergenéricos, em que todas as etapas da síntese de híbridos férteis entre trigo e centeio estão envolvidas. Segundo Oettler (2005), em cruzamentos com o hexaplóide *T. spelta* tem sido relatada grande probabilidade de morte prematura do embrião do híbrido. Esse autor reporta também que grupos de sementes eram maiores em cruzamentos de centeio com trigo tetraplóide do que com trigo hexaplóide; contudo, muitas das sementes formadas não tinham endosperma e não continham embrião viável.

Apesar do grande número de anfiplóides desenvolvidos durante as últimas décadas, o triticales é, por muitas vezes, considerado o único exemplo de sucesso de cereal sintético desenvolvido por essa técnica.

Triticales primários e secundários

De acordo com sua origem, o triticales pode ser classificado como primário ou secundário. Os triticales primários são aqueles provenientes de cruzamentos entre trigo (tetraplóide ou hexaplóide) e centeio, ou seja, são os anfidiplóides; já os triticales secundários são aqueles que resultam do cruzamento destes anfidiplóides (triticales primários) com um dos seus genitores, ou com outro triticales primário, ou ainda com outro triticales secundário, conforme ilustrado na Fig. 1.

Botânicos, geneticistas e citologistas tiveram grande interesse por híbridos intergenéricos primários em questões relacionadas com a morfologia, a evolução e a citogenética (LINDSCHAU; OEHLER, 1935, citados por OETTLER, 2005). Os melhoristas de plantas, contudo, estavam muito mais interessados na criação de uma nova espécie ou gênero que

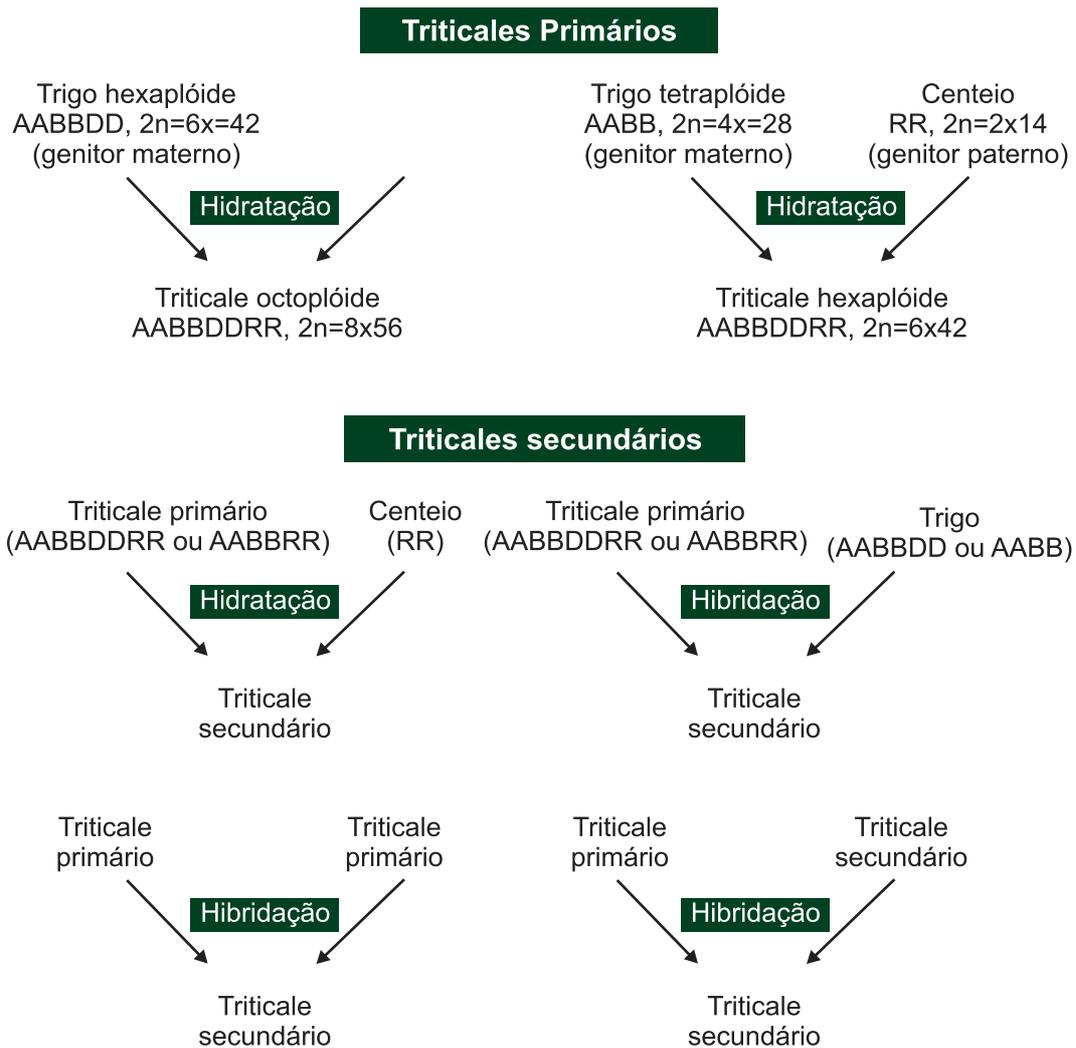


Fig. 1. Representação do processo de formação dos triticales primários e secundários.

reunisse os caracteres mais favoráveis de cada genitor, como alto rendimento de grãos, estatura de planta baixa e qualidade de panificação do trigo e rusticidade e resistência a frio e a moléstias do centeio (SÁNCHEZ-MONGE, 1974). Até recentemente, poucos pesquisadores haviam relatado a esperada superioridade da combinação de trigo com centeio, que deveria ser totalmente concretizada num anfidiplóide. Uma das estratégias sugeridas para o desenvolvimento do triticale tem sido o uso de trigos elites e linhas endogâmicas de centeio, em vez de trigos com boa capacidade de cruzamento, mas sem valor agrônômico,

e populações de centeio sensíveis a moléstias (LEIN, 1943, citado por OETTLER, 2005). A utilização de linhas puras de centeio foi recomendada também por Larter e Gustafson (1980).

Trabalhos sistemáticos de desempenho agrônômico de triticales primários hexaplóides e octoplóides mostraram que a pré-seleção de caracteres superiores – realizada em linhas puras de trigo e centeio – não era garantia de que tais caracteres seriam expressos em nível desejado nos anfidiplóides (OETTLER, 1998). Maiores investigações revelaram claramente que os efeitos dos genomas do trigo e do centeio, e de suas interações, influenciavam a expressão de caracteres existentes em triticales primários (OETTLER, 1986). O desempenho dos genitores tinha um valor de predição limitado para estimar o novo anfidiplóide sintetizado. A predição do desempenho do triticale baseado em linhas puras de centeio tem suporte somente em caracteres de alta herdabilidade, como dias para o florescimento e estatura de planta (GEIGER et al., 1993).

Em razão do fracasso das pesquisas experimentais com triticales primários, a síntese desses híbridos declinou. Atualmente, eles têm importância secundária em programas de melhoramento como fonte de variabilidade genética com a incorporação de genes de alto valor adaptativo – das espécies paternas – na geração de novos triticales secundários e da seleção nas populações híbridas (segregantes) de plantas superiores, que agreguem o máximo de caracteres favoráveis. Entretanto, a grande maioria dos triticales atuais é descendente de primários, obtidos a partir de trigos hexaplóides (*T. aestivum*, $2n=42$, AABBDD) ou tetraplóides (*T. durum*, $2n=28$, AABB) cruzados com centeio cultivado (*S. cereale*, $2n=14$, RR).

Novas técnicas para produzir anfidiplóides foram criadas e aplicadas, pois, em geral, os triticales primários – particularmente os tipos octoplóides – não alcançaram as expectativas de superação de dificuldades como a instabilidade citológica, a baixa fertilidade e o pobre desempenho agrônômico. O primeiro triticale secundário

foi produzido por meio de cruzamentos de linhas de triticales octoplóides primários (MÜNTZING, 1939; KATTERMAN, 1936, citado por OETTLER, 2005). Como os triticales octoplóides tendiam a reverter-se em hexaplóides, a barreira para a utilização comercial de triticales foi quebrada com o tipo hexaplóide. Portanto, somente esse tipo tem sido cultivado no mundo, com exceção de na China, onde são cultivados alguns triticales secundários octoplóides por causa de sua melhor qualidade para a produção de determinado tipo de pão regional (cozido no vapor), e de sua utilização forrageira (BAO; YAN, 1993).

O termo secundário foi utilizado primeiramente por A. Kiss para descrever hexaplóides estáveis obtidos de cruzamentos entre triticales octoplóides e hexaplóides (OETTLER, 2005). Os triticales secundários hexaplóides podem ser criados por diferentes formas: a) cruzamento artificial entre triticales primários do mesmo nível ou de diferentes níveis de ploidia; b) cruzamento artificial simples ou triplo de triticales primário com secundário; c) cruzamento artificial de triticales secundário com trigo ou centeio; d) retrocruzamento para triticales (VARUGHESE et al., 1996).

A hibridação entre trigo hexaplóide e trigo tetraplóide produz híbridos parcialmente estéreis, que, quando cruzados com centeio, podem formar indivíduos completamente estéreis que, por sua vez, quando cruzados com triticales formam híbridos com diferentes níveis de ploidia, conforme mostra a Fig. 2 (CARVALHO et al., 1977).

Os trabalhos de melhoramento com os triticales tetraplóides foram iniciados na Polônia, em 1976, com a incorporação de cromossomos de centeio e de trigo na mesma proporção. Dessa forma, era esperada uma melhor expressão dos caracteres do centeio, como tolerância a frio e a solos ácidos (LAPINSKI; APOLINARSKA, 1985). Por mais de 30 anos, esforços foram mobilizados para a criação de uma cultivar de triticales tetraplóide comercial, mas até os dias de hoje

esse propósito não foi alcançado. Contudo, tal assunto ainda permanece como objetivo científico, principalmente para a manipulação de cromossomos e de genomas.

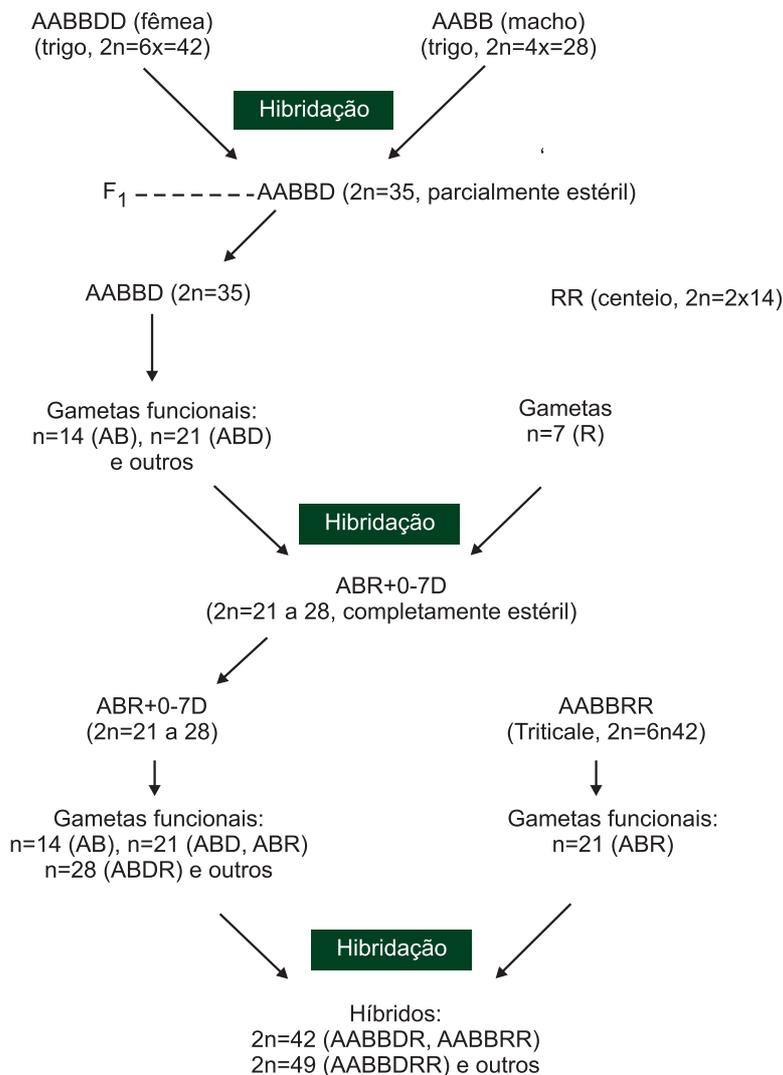


Fig. 2. Representação de uma das formas de criação do triticale secundário.
Fonte: Carvalho et al. (1977).

Citologia e citogenética

Os primeiros híbridos de trigo e centeio eram caracterizados por uma grande desordem reprodutiva: instabilidade meiótica extrema, frequência de aneuploidias

alta, fertilidade reduzida e grãos chochos, sendo todos eles inter-relacionados. Entretanto, os triticales hexaplóides expressam essas desordens em menor grau que os triticales octoplóides (MÜNTZING, 1939). Por mais de quatro décadas, as pesquisas em citogenética e citologia dominaram os trabalhos com triticales. Várias revisões foram realizadas sobre o assunto (LUKASZEWSKI; GUSTAFSON, 1987), pois havia a necessidade de descobrir as causas da desordem reprodutiva e possíveis relações entre elas, o que tem sido considerado um pré-requisito importante para o progresso no melhoramento genético do triticales. Conseqüentemente, pesquisas em citologia e citogenética foram intensa e extensivamente desenvolvidas. A crescente utilização de técnicas do melhoramento e a intensificação de pressão de seleção resultaram no aumento do número de cultivares lançadas em escala comercial em muitas partes do mundo (BANASZAK; MARCINIAK, 2002). O interesse pela citogenética do triticales reduziu-se no fim dos anos 1980; contudo, muitas questões permanecem sem resposta.

Caracterização meiótica

As primeiras investigações citológicas de um híbrido de trigo e centeio foram de Nakao (1911). Vinte anos mais tarde, Levitzky e Benetzkaja (1930) fizeram a caracterização citológica dos híbridos de Meister. A primeira análise detalhada de vários triticales octoplóides disponíveis na época, incluídos os híbridos de Rimpau, foi conduzida por K. H. von Berg e E. Oehler, em 1938 (OETTLER, 2005).

A duração do ciclo meiótico dos triticales primários e de seus genitores, trigo e centeio, foi considerada uma das causas da instabilidade meiótica (SCOLES; KALTSIKES, 1974). Para os triticales octoplóides a duração da meiose foi menor que a de seus genitores; contudo, para os triticales hexaplóides, a duração da meiose foi intermediária em comparação à dos genitores. A duração da meiose entre e dentro de vários níveis

de ploidia foi atribuída a genes presentes nos genomas D e R (ROUPAKIAS; KALTSIKES, 1977).

Os distúrbios meióticos observados no triticales foram atribuídos ao surgimento de univalentes (cromossomos não-pareados) na metáfase I. Esses univalentes foram citados por Levitzky e Benetzkaja (1930), nos triticales octoplóides de Meister, e por Müntzing (1939), que encontrou diferentes frequências de univalentes em vários triticales. Até a metade da década de 1970, vários trabalhos reportaram o número de univalentes formados em triticales octoplóides e hexaplóides (GUPTA; PRIYADARSHAN, 1982).

Sempre houve interesse dos pesquisadores de triticales em saber se os univalentes pertenciam ao genoma do trigo ou ao do centeio, e quais cromossomos estavam envolvidos. Em triticales octoplóides, a conclusão foi de que os univalentes se originavam, predominantemente, dos cromossomos de trigo (MÜNTZING, 1939). Os cromossomos do trigo e do centeio poderiam ser perdidos, mas em diferentes frequências (PIERITZ, 1971, citado por OETTLER, 2005). Além das perdas cromossômicas, Merker (1973) demonstrou que qualquer cromossomo de trigo ou de centeio poderia aparecer como univalente.

As causas da formação de univalentes foram examinadas por um grande número de pesquisadores. A assinapse, ou dessinapse (ausência de formação de quiasmas), e a prematuridade da disjunção de bivalentes (par de cromossomos homólogos pareados durante a meiose) foram propostas por Gupta e Priyadarshan (1982).

O principal fator de distúrbio na meiose tem sido atribuído aos resultados de sinapse pela insuficiência de tempo na duração da formação de quiasmas nos cromossomos do centeio (OETTLER, 2005). Lelley (1974) sugeriu que a ausência de *crossing-over* era causada por dessinapses ou por disjunção prematura dos bivalentes.

Fatores genéticos também assumem um papel importante nas irregularidades meióticas. Em triticales octoplóides, os

genes dos cromossomos do genoma D poderiam reduzir a frequência de quiasmas no genoma do centeio. Pieritz (1971, citado por OETTLER, 2005) sugeriu que genes dos cromossomos do centeio poderiam ser afetados pela frequência de quiasmas nos outros cromossomos. O cromossomo 5B do trigo afeta o pareamento dos cromossomos de centeio tanto em triticales octoplóides quanto em hexaplóides (THOMAS; KALTSIKES, 1971). Existe a hipótese de que a formação de univalentes poderia ser afetada pela interação citoplasmática e/ou núcleo-citoplasmática (SISODIA; MCGINNIS, 1970). Contudo, trabalhos de Merker (1973) não demonstraram efeito significativo em citoplasma de híbridos, quando comparados com os cruzamentos recíprocos.

Constituição cromossômica

Cruzamentos entre triticales de diferentes níveis de ploidia, entre triticales e trigo ou entre triticales e centeio têm conseqüências na estrutura genômica das progênies resultantes. A constituição cromossômica dos triticales secundários foi interesse de melhoristas e de citogeneticistas até 1968, quando a descoberta do triticales de primavera, o Armadillo, pelo Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (Cimmyt) no México, determinou um novo enfoque na produção de triticales comerciais. O Armadillo resultou de um cruzamento espontâneo entre um triticales hexaplóide com um desconhecido trigo panificável semi-anão mexicano. Ele continha os genomas A e B completos, e tinha na sua constituição o cromossomo 2R, proveniente do centeio, substituído pelo cromossomo 2D do trigo (GUSTAFSON; ZILLINSKY, 1973). O triticales Armadillo, proveniente de uma planta homozigota, possuía genes de nanismo e, o mais importante, excelente nível de fertilidade e elevado peso do hectolitro (VARUGHESE et al., 1996).

Durante muitos anos, houve uma inversão de esforços tendendo para o desenvolvimento de triticales substituídos.

Para tanto, eram utilizados cruzamentos artificiais entre triticales hexaplóides e trigos hexaplóides. Dada a homologia dos genomas, esse procedimento permitiu a substituição de um ou mais cromossomos ou de segmentos de cromossomos do genoma R por aqueles de outros genomas, especialmente pelo respectivo homólogo D, introduzindo nos triticales hexaplóides – anteriormente completos – genes de elevado valor adaptativo, os quais foram caracterizados, dessa forma, como 2D(2R) em substituição cromossômica, ou AABB[DR], ou [RD]. Assim como o Armadillo, diversas cultivares e genótipos foram desenvolvidos. Essa promessa, apesar de prematura, auxiliou o processo de adoção da cultura por produtores e cientistas. Entretanto, o milagre não foi efetivado, pois, sob condições marginais de cultivo, os triticales hexaplóides completos (AABBRR) são agronomicamente superiores; esse fato conduziu a uma nova busca por triticales completos.

Biologia da reprodução

Por resultar do cruzamento entre plantas de trigo – que são autógamas –, e plantas de centeio – que são preferencialmente alógamas – o triticales tem uma tendência à alogamia, embora seja considerada uma espécie autógama no melhoramento aplicado e na legislação e normas para a produção de sementes. Na prática, essa consideração levou a muitos problemas na produção e na certificação de sementes, assim como na manutenção de programas de melhoramento. Nos anos 1970, Yeung e Larter (1972) relataram que o comprimento e a exposição das anteras, o número de grãos de pólen por antera, e o período de antese (liberação do pólen), eram maiores no triticales do que no trigo, porém mais similares ao trigo do que ao centeio. Sapro e Hughes (1975) confirmaram esses resultados em diferentes triticales.

A polinização cruzada em triticales é de responsabilidade de fatores genéticos e de ambiente. Diferentes delineamentos

experimentais e distintos caracteres morfológicos têm sido usados para medir a intensidade da polinização cruzada; entretanto, os resultados obtidos nesses estudos não são muito comparáveis. O uso de aurículas coloridas como marcadores permitiu detectar uma frequência de 0,21 de polinização cruzada sob condições de ambiente de clima continental na Europa. Por outro lado, Gregory (1976), usando genes marcadores de ausência de serosidade, verificou uma frequência de fecundação cruzada entre 0,15 e 0,47.

Avaliando a tendência para a alogamia em triticales de hábito invernal, facultativo e primaveril, Romano e Sequeira-Antunes (2002) verificaram que a taxa de alogamia variou de 0,03 a 0,31, e foi superior nos genótipos de hábito primaveril e reduzida nos genótipos de hábito invernal.

Utilizando a estatura de planta como marcador em 22 genótipos, Singh, citado por Oettler (2005), detectou uma frequência de polinização cruzada entre 0,00 e 0,12. O emprego do marcador de pilosidade no pedúnculo possibilitou que Herrmann (2002) detectasse uma taxa de fecundação cruzada em torno de 0,11. Portanto, a frequência de cruzamento natural de 0,10 em triticales parece ser bastante realista.

Avanços na construção de um novo anfidiplóide com estabilidade na fertilidade

A alopoliploidia é um dos mais importantes métodos de síntese artificial de um novo genoma introgressivo em plantas superiores. Entre os alopoliplóides sintéticos, os anfidiplóides de triticales, obtidos de trigo e centeio, são de significativa importância comercial e acadêmica, e de interesse agrícola e industrial. Contudo, a base citoplasmática e a predominância do genoma do trigo no núcleo podem inibir a expressão dos genes do centeio no triticales,

impedindo, assim, a manifestação das potencialidades do centeio para adaptação, resistência a moléstias e completa homeostasia.

A coexistência harmônica entre o núcleo e o citoplasma é um fator importante a ser considerado na produção de novas formas de triticales. Na atualidade, a utilização do centeio (*S. cereale*) como genitor materno em cruzamentos para obtenção de triticales primários é uma nova técnica que tem sido recomendada para solucionar os problemas agrônômicos e citogenéticos que sempre estiveram relacionados com o híbrido trigo-centeio. Os genitores paternos mais freqüentemente adotados nesse tipo de cruzamento são o trigo hexaplóide (*T. aestivum*) e o trigo tetraplóide (*T. durum*). O novo anfidiplóide centeio-trigo (*S. triticum*, RRAABB, $2n=6x=42$), possuindo o citoplasma do centeio, favoreceria a expressão de genes do genoma RR do centeio. Estudos básicos das propriedades do centeio e do trigo e da compatibilidade entre eles têm sido propostos como método para criar o híbrido centeio-trigo, cujo nome comum é secalotriticum. Como os cruzamentos diretos entre centeio e trigo revelaram uma reação de incompatibilidade não-direcional, está sendo proposto que o triticales hexaplóide (AABBRR, $2n=42$) seja um intermediário genético para a introgressão do genoma de trigo após a construção do secalotriticum. Formas de centeio tetraplóide (RRRR, $2n=28$) também têm sido escolhidas como componente materno em razão da alta capacidade de cruzamento e da compatibilidade pós-gamética (LYUSIKOV et al., 2005).

O sucesso na solução de problemas de hibridações distantes – ou seja, entre espécies que apresentam genomas incompatíveis – depende de fatores específicos da meiose nos híbridos F_1 . Durante a meiose, esses híbridos manifestam tendência à recombinação, ao rearranjo de cromossomos ou de genomas, e à regeneração de gametas funcionais de várias composições cromossômicas, determinando, assim, a diversidade genética e a estabilidade citogenética de anfiplóides em gerações posteriores.

Melhoramento genético

Os métodos de melhoramento para triticales têm por base os sistemas clássicos para as espécies autopolinizadas, apesar de se saber que a polinização cruzada natural pode ocorrer. Linhas puras são desenvolvidas tanto em triticales de primavera como de inverno, através do sistema genealógico de condução de populações segregantes (VARUGHESE et al., 1996; BANASZAK; MARCINIAK, 2002). Todas as cultivares lançadas em escala comercial estão próximas da homozigose e apresentam alta homogeneidade. Com a existência de fecundação cruzada entre plantas de triticales, a homozigose só é alcançada em alta frequência, em gerações mais avançadas, no processo de melhoramento. Além disso, a seleção visual de plantas com alto desempenho, principalmente dos tipos heterozigotos, contribui para retardar a obtenção de homozigose no processo (BECKER et al., 1996, citados por OETTLER, 2005).

Os primeiros programas de triticales, voltados principalmente para a síntese e a evolução de novos híbridos de trigo-centeio octoplóides e hexaplóides (triticales primários), foram conduzidos, nas décadas de 1940 e de 1950, por V. E. Pissarev na antiga URSS, por A. Kiss na Hungria, por A. Müntzing na Suécia, e por M. Ingold na Suíça (OETTLER, 2005). Como esse tipo de triticales não era usado comercialmente, os melhoristas intensificaram esforços no desenvolvimento de tipos mais promissores, como triticales hexaplóides secundários, por meio de cruzamentos entre tipos primários, seguidos de alta pressão de seleção. Esses triticales hexaplóides constituem agora o germoplasma básico no melhoramento aplicado.

Os programas de melhoramento comercial com triticales hexaplóides foram iniciados, na década de 1950, por Sánchez-Monge, na Espanha (OETTLER, 2005); por Shebeski e Jenkins, no Canadá (JENKINS, 1969; SHEBESKI, 1974); e por A. Kiss, na Hungria (OETTLER, 2005). Programas com

triticais de primavera e de inverno tiveram início em 1970. Forte iniciativa foi realizada com triticale de inverno na Suíça (FOSSATI et al., 1996) e na França (CAUDERON; BERNARD, 1980).

Segundo Oettler (2005), esses programas de melhoramento proporcionaram a liberação das primeiras cultivares de triticale de inverno e de primavera a partir de 1968 (Tabela 1).

Tabela 1. Ano de liberação, país de origem e hábito de cultivo das primeiras cultivares de triticale.

| Cultivar | Ano de liberação | País de origem | Hábito de cultivo |
|--------------|------------------|----------------|-------------------|
| Nº 57, nº 64 | 1968 | Hungria | Inverno |
| Armadillo | 1968 | México | Primavera |
| Cachirulo | 1969 | Espanha | Primavera |
| Rosner | 1969 | Canadá | Primavera |
| Coorong | 1979 | Austrália | Primavera |
| Clercal | 1980 | França | Inverno |
| Mizar | 1980 | Itália | Primavera |
| Lasko | 1982 | Polônia | Inverno |

Fonte: Oettler (2005).

Após 40 anos de melhoramento de triticale, a área cultivada no mundo atingiu cerca de 3,5 milhões de hectares em 25 países (Tabela 2). A maioria desses países tem um ativo programa de melhoramento genético de triticale. Até o presente momento, a França, a Alemanha e a Polônia possuem eficientes programas, tanto de melhoristas como de produtores.

No Brasil, o triticale foi introduzido em 1961, e o primeiro cultivo comercial ocorreu em 1982. A partir de então, a área aumentou gradativamente, ultrapassando os 130 mil hectares em 2004 (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2005). O incremento e a manutenção da área de triticale no Brasil são devidos ao seu baixo custo de produção quando comparado ao do trigo, à sua utilização como componente de rações para animais e, mais recentemente, à sua utilização para consumo humano em mistura com farinha de trigo para diversos usos.

Tabela 2. Área cultivada e uso dado ao triticale em países produtores, no ano de 2005.

| País | Área (ha) | Uso |
|--------------------------------|------------------|-----------------|
| Área da antiga Tchecoslováquia | 81.973 | Grão |
| Área da antiga URSS | 369.100 | Grão e pastagem |
| Área da antiga Iugoslávia | 2.060 | Grão |
| Austrália | 345.000 | Grão e pastagem |
| Áustria | 39.452 | Grão e pastagem |
| Bélgica | 7.389 | Grão |
| Brasil | 132.000 | Grão |
| Bulgária | 11.000 | Grão |
| Canadá | 25.000 | Grão e pastagem |
| China | 330.000 | Grão |
| Dinamarca | 42.000 | Grão e pastagem |
| França | 329.000 | Grão e pastagem |
| Alemanha | 482.100 | Grão e pastagem |
| Hungria | 156.000 | Grão e pastagem |
| Luxemburgo | 3.368 | Grão |
| México | 539 | Grão |
| Holanda | 4.300 | Grão |
| Noruega | 200 | Grão |
| Polônia | 1.157.684 | Grão e pastagem |
| Portugal | 17.000 | Grão e pastagem |
| Espanha | 40.200 | Grão e pastagem |
| Suécia | 50.450 | Grão |
| Suíça | 11.200 | Grão |
| Tunísia | 1.000 | Grão |
| Reino Unido | 13.000 | Grão |
| Total | 3.651.015 | - |

Fonte: FAO (2005) e IBGE (2006).

Existem cinco instituições que trabalham com melhoramento ou introdução sistemática de triticale para avaliação no Brasil: Embrapa Trigo (Embrapa), Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa (Fundacep Fecotrigo), Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda. (Coodetec) e Instituto Agrônomo de São Paulo (IAC). Essas instituições têm seus programas de melhoramento de triticale baseados em uma principal fonte de germoplasma: Cimmyt, por meio de coleções internacionais que são disponibilizadas mundialmente, International Triticale Yield Nursery (Ityn), International Triticale Screening Nursery (ITSN) e Facultative Winter Triticale (FWTCL). A Embrapa, por meio da Embrapa Trigo, localizada em Passo Fundo, RS, é a única a manter genótipos em bancos de germoplasma de triticale e de

centeio, caracterizá-los e realizar cruzamentos para a criação de triticales primários e secundários, octoplóides e hexaplóides, buscando, dessa forma, a ampliação da base genética de triticales e a exploração de genótipos mais bem adaptados às condições de cultivo do Sul do Brasil (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2004).

O mais alto impacto comercial, medido pelo número de cultivares lançadas dentro dos triticales de inverno, envolveu cruzamento simples, duplo ou triplo entre os tipos secundários. Também entre os triticales de primavera, Varughese et al. (1996) atribuíram esse sucesso ao alto valor de tais cruzamentos, medido pelo número de linhas que alcançaram estágios avançados. Em ambos os programas, cruzamentos com triticales primários para rendimentos de grãos tiveram reduzido êxito. No momento atual, tanto os triticales como os germoplasmas elite de trigo e de centeio têm sido pouco utilizados nos programas de melhoramento como genitores. Contudo, eles têm sido empregados para incremento da variabilidade genética via cruzamentos com triticales secundários (SOWA et al., 1985; VARUGHESE et al., 1996; BOUGUENNEC; JESTIN, 2002).

De modo geral, a base genética de triticales disponível no mundo deve ser ampliada (DARVEY, 1986). O mesmo pode ser aplicado para o Brasil (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2004).

O Cimmyt mantém dois bancos genéticos distintos de triticales de primavera. Cariótipos completos de triticales (AABBRR) e tipos substituídos (genoma AABB completo e RR substituído com 2D(2R)) são separados em dois grupos que revelam adaptações distintas (FOX et al., 1990; VARUGHESE et al., 1996). Avaliando 12 coleções distintas, compostas por mais de 3 mil acessos, Qualset et al. (1996) evidenciaram elevada similaridade entre algumas coleções e grande diversidade entre dois grupos distintos oriundos do Canadá e do México. Entretanto, os autores obtiveram – por meio de análise de agrupamentos – dois distintos grupos formados pelos hexaplóides completos e substituídos.

Para áreas marginais e de baixas condições de ambiente, os cariótipos de triticales completos são considerados possuidores de vantagens adaptativas sobre os tipos modificados. Sob altas condições para produção (ambiente favorável), as diferenças entre essas constituições genéticas são pequenas. Por outro lado, os triticales de inverno cultivados na Europa são geralmente completos AABBRR (OETTLER, 2005).

No Brasil, todos os triticales indicados para cultivo são hexaplóides – na sua maioria, completos e de primavera, com pequena exigência de frio. Até 2005, todas as cultivares eram oriundas de introduções do Cimmyt (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2004). Em 2005 foi registrado o primeiro triticale desenvolvido no Brasil, o BRS Minotauro, fruto de cruzamento de trigo e de centeio brasileiros com triticale hexaplóide introduzido.

O melhoramento de híbridos tem recebido atenção de pesquisadores devido à ótima expressão e exploração da heterose. A macho-esterilidade genético-citoplasmática, o melhoramento e a heterose de híbridos de triticales receberam forte atenção nos anos de 1970 (GILL et al., 1979). Foi demonstrado que o citoplasma do trigo tetraplóide *T. timopheevi*, que induz a macho-esterilidade no trigo hexaplóide, também determina a macho-esterilidade no triticale.

Caracteres agronômicos

As primeiras cultivares de triticales de primavera e inverno lançadas em escala comercial eram caracterizadas com bom índice de resistência a moléstias, mas com baixa frequência na fertilidade, reduzido rendimento de grãos e pequeno peso do hectolitro, grãos chochos, alto teor de proteína contido nos grãos, elevada estatura de planta, alta frequência de acamamento e germinação dos grãos na espiga. O grão chocho foi considerado um dos mais sérios defeitos

das primeiras cultivares liberadas em escala comercial. Para contornar esse problema, pesquisas foram realizadas por mais de duas décadas. Foram sugeridas como possíveis causas a heterocromatina, a prematura atividade da alfa-amilase e a anormalidade do desenvolvimento do endosperma (THOMAS et al., 1980). Os melhoristas iniciaram a aplicação de pressão de seleção para grão cheio usando o teste de peso do hectolitro (kg.hL^{-1}) para quantificar o grão chocho, reduzindo, desse modo, o defeito de forma gradual, mas constante. No momento atual, o peso do hectolitro dos triticales já alcançou um valor médio de 73 kg.hL^{-1} , quando era de apenas 58 kg.hL^{-1} nos anos de 1970 (ZILLINSKY, 1974a). A alta proteína no grão do triticales era devida ao reduzido enchimento do grão e à desproporcional relação entre endosperma e embrião. Com o incremento no enchimento do grão de triticales, a proteína decresceu; fato também observado em áreas com elevados rendimento de grãos (Fig. 3). Nas constituições genéticas dos atuais triticales que evidenciaram alta variabilidade genética, os teores de proteína são comparáveis aos do trigo e do centeio.

Os primeiros cultivares de triticales possuíam elevada estatura e eram suscetíveis ao acamamento. Os tipos invernais, nº 57 e nº 64 da Hungria, revelavam estatura entre 140 cm e 160 cm, e muita suscetibilidade ao acamamento. Por introdução do gene de nanismo com dominância parcial da cultivar de trigo Tom Pouce, a cultivar semi-anão Bókoló foi desenvolvida na Hungria, mas também exibia todos os caracteres negativos encontrados nos genótipos anões (OETTLER, 2005). Forte pressão de seleção no caráter de alta herdabilidade proporcionou uma efetiva redução na estatura, permitindo também o crescimento da estabilidade. Nos anos de 1980 a 1990, o Cimmyt reduziu a estatura da planta de triticales de primavera de 140 cm para 125 cm (VARUGHESE et al., 1996). Os triticales de inverno também expressam estatura de planta e acamamento comparáveis ao trigo e ao centeio.

Os caracteres como baixa fertilidade das espigas e reduzido rendimento de grãos poderiam ser significativamente incrementados pelo processo de melhoramento. As principais cultivares de tritcale de inverno aumentaram a produção, em área experimental, de cerca de 1.500 kg.ha⁻¹, em 1968, na Hungria, para 9.700 kg.ha⁻¹, em 1991, no México (VARUGHESE et al., 1996). O aumento no rendimento de grãos de tritcale no mundo cresceu em mais de 163 % em menos de 25 anos, conforme dados incluídos na Tabela 3.

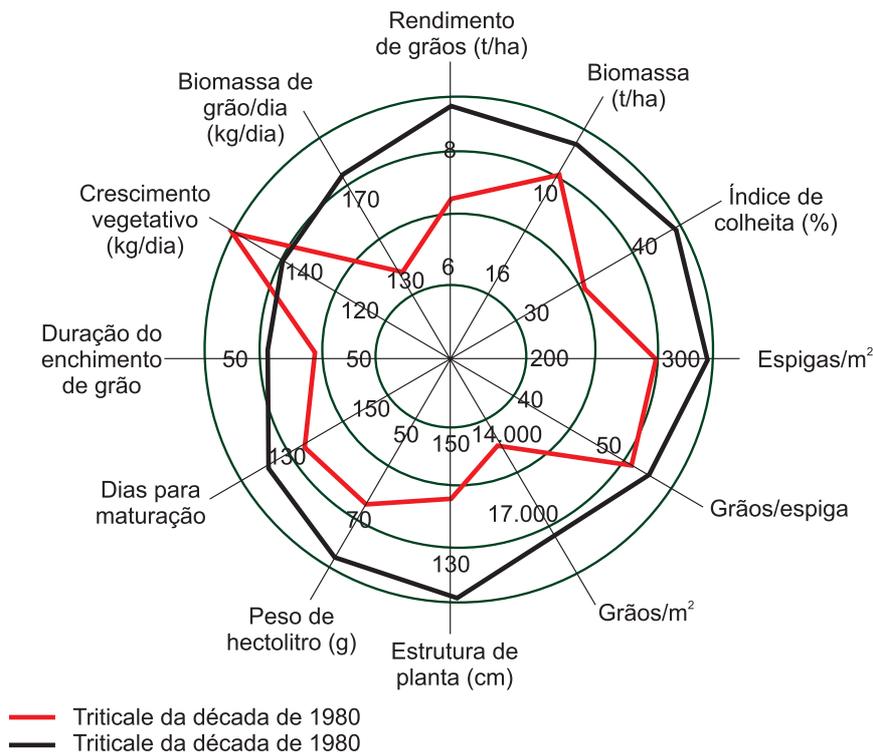


Fig. 3. Comparação de componentes agrônômicos de três triticales de alto rendimento, de 1991 a 1993, Cimmyt, cidade de Obregon, México. Fonte: Varughese et al. (1996).

Os triticales modernos têm potencial competitivo em termos de rendimento de grãos com trigos sob distintas condições de cultivo. O mais importante na produção comercial é o cultivo sob baixa tecnologia ou em condições de estresse, em que os triticales geralmente são superiores aos trigos e centeios.

Tabela 3. Número de países que cultivam triticales hexaplóide, área cultivada e rendimentos médios nos anos de 1977, 1984, 1994 e 2004.

| Ano | Nº de países | Área (ha) | Rendimento de grãos (t.ha ⁻¹) |
|------|--------------|-----------|---|
| 1977 | 1 | 2.983 | 1,71 |
| 1984 | 6 | 185.497 | 2,02 |
| 1994 | 24 | 1.452.560 | 3,28 |
| 2004 | 28 | 3.045.730 | 4,51 |

Fonte: FAO (2005).

Com a expansão da área cultivada de triticales, a resistência favorável dos primeiros triticales foi desaparecendo. Schinkel (2002) avaliou a presença de moléstias de 1988 a 2001, e verificou que a resistência expressa pelos triticales era comparável à do trigo e à do centeio. Também verificou que a ferrugem-da-folha (*Puccinia recondita*) e a ferrugem-linear (*P. striiformis*) ocorriam em alta intensidade e estavam aumentando de importância no triticales. *Stagonospora nodorum* (*Septoria tritici*) era a principal moléstia e produzia reduções no peso do grão por espiga de até 11,5 %, quando comparadas com plantas não-inoculadas (OETTLER; SCHMID, 2000). Também o *Fusarium* vinha crescendo em frequência e severidade; o *Fusarium culmorum* podia reduzir o peso médio de grãos por espiga em 48 % (OETTLER; WAHLE, 2001). O míldio (*Erysiphe graminis*) está sendo observado em maior frequência no oeste da Europa (informação verbal)¹.

Na Embrapa Trigo, o rendimento de grãos é o principal objetivo do melhoramento. Forte pressão de seleção é realizada em gerações segregantes para tolerância a solos ácidos e a moléstias, e melhor qualidade de grãos. Além disso, os genótipos são avaliados em elevada diversidade de ambientes em todas as regiões de cultivo do Sul do Brasil (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2004), para seleção daqueles de melhor adaptação.

Apesar do esforço realizado pela pesquisa no Brasil, é observado aumento na ocorrência de moléstias, principal-

¹ Entrevista concedida pelo pesquisador Dario Fossati – da Station Fédérale de Recherches Agronomiques de Changins (RAC), Rte de Duillier, case postale 254, CH-1260 Nyon, Switzerland – ao pesquisador Alfredo do Nascimento Junior, em 2005, durante a 7th International Wheat Conference.

mente de manchas foliares, como mancha-bronzeada (*Drechslera tritici-repentis*), mancha-marrom (*Bipolaris sorokiniana*), e fusariose ou giberela (*Gibberella zae*) nas regiões produtoras tradicionais. Forte pressão de inóculo e condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento das moléstias têm sido fatores limitantes à produtividade da cultura. Em decorrência dessas moléstias e da utilização do grão para o consumo humano, a cultura tem migrado para regiões não tradicionais no cultivo, como o norte do Paraná e o sul de São Paulo, com expressivo incremento de área e produção e de qualidade de grão, nos últimos cinco anos (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2004; IBGE, 2006).

A pré-germinação na espiga ou germinação em pré-colheita ainda permanece como um sério problema em triticales. Apesar de mais de duas décadas de pesquisa e melhoramento, não há progressos acentuados no surgimento desse caráter indesejável (OETTLER, 2002). Apesar das evidências de que esse caráter é controlado por fatores genéticos e de ambiente, outros componentes – como atividade das enzimas α -amilase e protease, regulação hormonal e dormência – também são responsáveis pela expressão desse caráter.

Uso do produto final

Consumo humano

Nas fases iniciais dos trabalhos com híbridos de trigo e centeio, cientistas e melhoristas consideravam o triticales como um novo cereal para consumo humano, altamente relacionado com vários aspectos de qualidade na alimentação. Em 1928, Meister publicou resultados sobre a proporção de grãos vítreos e a capacidade de dois tipos de octoplóides para a produção de farinha (OETTLER, 2005). Müntzing (1939) mencionou a elevada percentagem de proteína bruta e de

glúten numa linhagem octoplóide testada. Mais tarde, quando a produção de triticales tornou-se viável, os tipos hexaplóides também foram estudados para a qualidade de farinha (BUSHUK, 1980).

Reconhecendo o contínuo crescimento da população humana no mundo, o programa de triticales no Cimmyt tinha como principal objetivo o incremento na produção de alimentos e na nutrição das populações dos países em desenvolvimento (ZILLINSKY, 1974b). Subseqüentemente, investigações mais intensas sobre a qualidade de panificação do triticales foram conduzidas por alguns pesquisadores (WEIPERT, 1986; TOHVER et al., 2005). Foi reportada uma grande variação na qualidade de panificação do triticales. Comparada à do trigo, a quantidade de proteína do triticales era, em geral, maior, mas a qualidade de farinha era inferior (fraca e menos elástica), e a quantidade de glúten menor. Além disso, apesar de a atividade da α -amilase ser alta no triticales, a propriedade de moagem e o rendimento de farinha eram menores em razão da textura desfavorável do grão.

Predominantemente, os triticales hexaplóides são cariótipos completos parcial ou totalmente desprovidos de cromossomos do genoma D do trigo, que são responsáveis principalmente pela qualidade de farinha. A mais recente estratégia para aumentar a qualidade de panificação do triticales é a inclusão do cromossomo 1D e a captação das subunidades gluteninas de alto peso molecular, particularmente as variantes nos locos GLU-A1, GLU-B1 e GLU-D1 (PEÑA et al., 1998). As gluteninas, as gliadinas e as secalinas de baixo peso molecular têm sido sugeridas para melhorar a qualidade da farinha (VARUGHESE et al., 1996). Embora o triticales tenha sido considerado, por várias décadas, tanto no melhoramento quanto na pesquisa, como um grão de uso alimentar, até agora essa nova espécie não obteve sucesso como lavoura e como produto alimentar em países desenvolvidos e em países em desenvolvimento (OETTLER, 2005).

Nascimento Junior et al. (2004) evidenciaram a utilização de farinha de triticales em mistura com farinha de trigo como estratégia para reduzir, no Brasil, tanto as perdas em divisas como a dependência em relação ao trigo importado.

Nas áreas em que o triticales está em amplo crescimento, a opção por essa cultura deve-se ao menor custo de produção, à menor ocorrência de moléstias, à melhor adaptação ao déficit hídrico e aos melhores preços obtidos com a venda do produto. Os melhores preços decorrem da qualidade superior do triticales e também de sua utilização para a alimentação humana em mistura com farinha de trigo, para a produção de biscoitos, pães, bolos e massas alimentícias, e na formulação de produtos dietéticos.

Alimentação animal

Grão para ração

Uma das primeiras publicações sobre o uso do triticales como ração alimentar de animais foi de Sell et al. (1962). Desde então, numerosas investigações têm comparado triticales hexaplóide com outros cereais na alimentação experimental, para diferentes animais domésticos, como bovinos, aves, ovinos, suínos, perus e animais de pequeno porte, como ratos, hamsters, codornas e preás, tanto na parte nutricional como na econômica (GATEL et al., 1985; BATTERHAM, 1986; HILL, 1991; MCDONOUGH; COOPER, 1998; BARNEVELD; COOPER, 2002). A influência de fatores como diferenças genéticas, efeito de ambiente e de cultivo no valor nutricional, espécie de animal ou raça, tipos de formulações da ração e diferenças entre metodologias experimentais não permitem resumir o potencial do triticales como alimento para animais. Contudo, todos os autores concordam que o triticales tem um elevado valor como grão para alimento animal. A pesquisa sugere uma superioridade do grão de triticales em relação aos grãos de trigo, de cevada e de aveia, quando utilizado como alimento para ruminantes, em virtude da digestibilidade do amido (BIRD et al., 1999).

Em geral, o grão do triticales é utilizado como componente adicional das dietas, mas também pode ser usado como

componente cereal único para aves (BOROS, 2002). Além disso, existem diversos trabalhos no Brasil mostrando a vantagem econômica da substituição parcial de milho e de farelo de soja por triticales na formulação de rações para suínos e aves (BAIER et al., 1994).

Lima et al. (2001) indicaram o potencial do triticales para substituir o milho. De modo geral, a substituição de até 75 % do milho é possível sem perda do desempenho de frangos de corte e de suínos em crescimento-terminação. A substituição de 100 % do milho por triticales não seria viável por causa de sua menor disponibilidade energética, a não ser na falta do primeiro. Contudo, alguns autores consideram que o triticales apresenta de 95 % a 100 % do equivalente em energia do milho, podendo substituir, inclusive, até 5 % da proteína de soja adicionada à ração para crescimento e para engorda de suínos.

Em termos nutricionais, a composição química do grão de triticales é semelhante à dos outros cereais de estação fria (Tabela 4). Comparado com o milho, que é a tradicional fonte de energia nas dietas de aves e suínos, o triticales apresenta maior concentração de proteína bruta e menor conteúdo de energia (BAIER et al., 1994).

Diversos compostos antinutricionais, como taninos, fitatos, resorcinóis, pectinas e inibidores de tripsina já foram encontrados no triticales e, entre eles, as pentosanas hidrossolúveis têm recebido maior destaque, por sua capacidade de formar géis em contato com a água, e dar origem a soluções viscosas que retardam a absorção de nutrientes (LIMA et al., 2001). Contudo, esses efeitos

Tabela 4. Composição química média dos grãos de cereais, em base seca.

| Componente | Quantidade (%) | | | | |
|---------------------------|----------------|-------|------------|---------|-------|
| | Milho | Trigo | Triticales | Centeio | Aveia |
| Proteína bruta | 10,4 | 14,3 | 14,8 | 13,4 | 17,0 |
| Óleo | 4,5 | 1,9 | 1,5 | 1,8 | 7,7 |
| Fibra bruta | 2,4 | 2,9 | 13,1 | 2,6 | 1,6 |
| Cinza | 1,5 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,0 |
| Extrativo não nitrogenado | 81,2 | 78,9 | 78,6 | 80,1 | 71,6 |

Fonte: Simmonds e Campbell (1976, citados por BAIER et al., 1994).

podem ser facilmente resolvidos com o uso de enzimas específicas adicionadas na formulação das rações.

Pastagem e duplo propósito

Há mais de trinta anos o triticales vem sendo usado como pastagem, forragem, duplo propósito (forragem/grão) e silagem. Lupton et al. (1975, citados por OETTLER, 2005), reportaram resultados de experimentos considerando o triticales como uma cultura ajustada para colheita de matéria verde para forragem. O hábito de crescimento e os caracteres agronômicos e nutricionais variavam de forma intensa e dependiam do ambiente de cultivo, do manejo e do uso da lavoura.

O uso de triticales para pastagem (CIMMYT, 2004) inclui a espécie isolada e seus consórcios, que consistem na mistura de tipos de inverno com os de primavera (BARON et al., 1992), ou na mistura com leguminosas forrageiras; como também para feno (CARNIDE et al., 1998) e duplo propósito – forragem/grão – (WRIGHT et al., 1991) e silagem (BAIER et al., 1994). Os consórcios ou misturas são empregados para aumentar o rendimento de forragem na alimentação de animais e/ou qualidade do produto final (BARON et al., 1992). O uso de triticales como forragem na alimentação de animais tem aumentado de forma crescente nos últimos anos. Na Europa, onde o cultivo intenso de milho como forragem apresenta várias dificuldades dada a interação com o ambiente, o triticales tem sido intensamente cultivado para silagem por permitir a rotação de culturas.

O triticales pode ser usado para duplo propósito, pois apresenta o potencial de produzir grande quantidade de forragem, assim como a capacidade de rebrotar e de produzir altos rendimentos de grãos, principalmente aquele de hábito invernal ou facultativo. Ele é especialmente utilizado na pequena propriedade para produção de forragem verde, silagem de plantas jovens, feno, silagem da planta adulta, silagem de grãos úmidos e de grãos secos.

Na Região Sul do Brasil, é possível a produção de duas culturas por ano na mesma área. Com isso, a produção de silagem da parte aérea da planta apresenta a vantagem de liberar mais cedo a área para a semeadura da cultura de estação quente, como milho, soja, etc. A qualidade nutricional da silagem é em razão da matéria-prima utilizada. A silagem da planta inteira, próxima da maturação, geralmente tem rendimento elevado de energia e de proteína bruta, porém com baixa digestibilidade; enquanto a silagem de planta jovem tem rendimento menor, alto teor de proteína bruta e boa digestibilidade de matéria seca. A silagem do grão apresenta boa digestibilidade e maior concentração de energia e de proteína bruta, podendo ser usada para alimentar suínos e bovinos, além de permitir a ensilagem com menor teor de umidade. A silagem é feita quando os grãos têm entre 65 % e 70 % de matéria seca, e são moídos antes de serem colocados no silo, o que facilita a compactação e a fermentação (LIMA et al., 2001).

Perspectivas tecnológicas

Técnicas de cultura de embriões têm sido empregadas rotineiramente para evitar o aborto de embriões híbridos de trigo-centeio. A partir da metade da década de 1970, sofisticadas técnicas de biotecnologia passaram a ser aplicadas *in vitro* para a regeneração de explantes de cultura de calos de embriões imaturos e de inflorescências (NAKAMURA; KELLER, 1982). Plantas haplóides produzidas por meio de cultura foram reportadas primeiramente por Wang et al. (1973) em triticales octoplóides. Outras investigações mostraram que muitos fatores influenciavam o desenvolvimento de micrósporos na fertilidade das plantas, tais como o genótipo da planta doadora, o pré-tratamento das anteras, o estágio de desenvolvimento do micrósporo e o meio de cultura (SOZINOV et al., 1981). Regeneração de plantas e métodos de multiplicação *in vitro* receberam grande atenção por parte dos pesquisadores, evidenciando, com isso, progresso no

período (STOLARZ; LÖRZ, 1986). Como em outros cereais, a variação somaclonal e a instabilidade de cariótipo na regeneração de plantas provenientes de cultura de tecidos foram reportados em triticales (JORDAN; LARTER, 1985). A regeneração de plantas provenientes de suspensão de células e cultura de protoplastos foi um dos pontos básicos de desenvolvimento em técnicas biotecnológicas para a seleção *in vitro*. Os primeiros estudos de transformação publicados sobre expressão de genes em protoplastos foram relacionados por Stolarz (1991). Zimny et al. (1995) foram os primeiros a ter êxito na obtenção de plantas transgênicas depois do bombardeamento de partículas em tecido esculento de triticales hexaplóide. Contudo, as expectativas quanto ao uso de técnicas *in vitro* na seleção para fatores de estresses bióticos ou abióticos não têm sido atendidas em programas de melhoramento. Apesar dos métodos de salvamento de embrião, a produção de duplo-haplóides tem recebido maior atenção e adquirido projeção como procedimento de rotina no melhoramento de plantas. As plantas duplo-haplóides, inicialmente obtidas por cultura de anteras e, mais recentemente, por cruzamento com milho, são usadas mais eficientemente em programas de melhoramento de triticales hexaplóides de inverno e primavera (BERNARD et al., 1996). Nos anos recentes, diferentes sistemas de marcadores moleculares têm sido desenvolvidos e aplicados em cereais, inclusive no triticales.

Para a caracterização cromossômica dos cereais hexaplóides, marcadores específicos de identificação dos cromossomos dos genomas do trigo e do centeio têm sido aplicados. O primeiro estudo com microsátélites de trigo – Simple Sequence Repeat (SSR) – mostrou que, em híbridos intergenéricos, eles eram efetivos na identificação de regiões genômicas de trigos aparentados (OETTLER et al., 1998). Subseqüentemente, o uso extensivo de microsátélites desenvolvidos do trigo e do centeio, e de Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP), tem provado que essas técnicas são adequadas para

análises do genoma de triticale (TAMS et al., 2005). As ferramentas moleculares reportadas para análise de genomas – tais como mapas de ligação e estudos comparativos de genomas ou estudo de genes-alvo em genomas completos –, embora sejam conhecidas ainda são escassas.

Os avanços biotecnológicos obtidos nos últimos anos evidenciam uma forte relação entre seqüências de DNA de cereais como trigo, cevada, centeio, arroz, sorgo, milho, aveia e outros. Esse fenômeno, conhecido como sintenia, possibilita a utilização de um mesmo marcador molecular SSR em diversas espécies de cereais. Essa técnica tem sido empregada com muitas finalidades: mapeamento genômico, impressão digital e melhoramento genético. Dessa forma, caracteres de importância de outros cereais podem ser explorados em estudos genéticos e no melhoramento do triticale (KULEUNG et al., 2004). É provável que essa técnica ainda venha a ter grande impacto sobre a evolução do triticale.

Referências

- BAIER, A. C.; NEDEL, J. L.; REIS, E. M.; WIETHÖLTER, S. **Triticale**: cultivo e aproveitamento. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1994. 72 p. (Embrapa-CNPT. Documentos, 19).
- BANASZAK, Z.; MARCINIAK, K. Wide adaptation of DANKO triticale varieties. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 5., 2002, Radziców. **Proceedings...** Radziców: [S.n.], 2002. v. 1, p. 217-212.
- BAO, W. K.; YAN, Y. Octoploid triticale in China. **Advances in Science of China Biology**, Beijing, v. 3, p. 55-76, 1993.
- BARNEVELD, R. J. van; COOPER, K. V. Nutritional quality of triticale for pigs and poultry. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 5., 2002, Radziców. **Proceedings...** Radziców: [S.n.], 2002. v. 1, p. 277-282.
- BARON, V. S.; NAJDA, H. G.; SALMON, D. F.; DICK, A. C. Post-flowering forage potential of spring and winter cereal mixtures. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 72, p. 137-145, 1992.
- BATTERHAM, E. S. Nutritional value of triticale for the feeding of livestock. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 1986, Sidney. **Proceedings...** Sidney: AIAS, 1986. v. 24, p. 495-501.
- BAUM, B. R. The taxonomic and cytogenetics implication of the problem of naming amphiploids of *Triticum* and *Secale*. **Euphytica**, Dordrecht, v. 20, p. 302-306, 1971.
- BERNARD, M.; BERNARD, S.; BONHOMME, H.; FAURIE, C.; GAY, G.; JESTIN, L. Triticale research and breeding programmes in France: recent developments. In: GUEDES-PINTO, H.; DARVEY N.; CARNIDE, D. V. P. (Ed.). **Triticale**: today and tomorrow. Dordrecht: Kluwer, 1996. p. 643-647.

BIRD, S. H.; ROWE, J. B.; CHOCT, M.; STACHIW, S.; TYLER, P.; TOHOMPSON, R. D. *In vitro* fermentation of grain and enzymatic digestion of cereal starch. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**, Armidale, v. 12, p. 53-61, 1999.

BLAKESLEE, A. F.; AVERY, A. G. Methods of inducing doubling of chromosomes in plants. **Journal of Heredity**, Washington, v. 28, p. 392-411, 1937.

BOROS, D. Physio-chemical quality indicator suitable in selection of triticale for high nutritive value. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 5., 2002, Radziców. **Proceedings...** Radziców: [S.n.], 2002. v. 1, p. 239-244.

BOUGUENNEC, A.; JESTIN, L. Dynamic management of a population of octoploid x hexaploid triticale for pre-breeding purposes. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 5., 2002, Radziców. **Proceedings...** Radziców: [S.n.], 2002. v. 1, p. 319-323.

BUSHUK, W. Triticale: chemistry and technology. **Hodowla Roslin Aklimatyzacja i Nasiennictwo**, Poznan, v. 24, p. 603-613, 1980.

CARNIDE, V.; GUEDES-PINTO, H.; MIGUEL-RODRIGUES, M.; SIQUEIRA, C.; MASCARENHAS-FERREIRA, A. Forage yield and quality of triticale-vetch mixtures. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 4., 1998, Red Deer. **Proceedings...** Red Deer: [S.n.], 1998. v. 2, p. 252-255.

CARVALHO, F. I. F. de; MAIRESSE, L. A. S.; SILVA, A. C. F. da; SANTOS, F. G. dos. Triticale – an intergeneric hybridization made by man. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 294-300, 1977.

CAUDERON, Y.; BERNARD, M. Yield improvement from (8x X 6x) crosses and genetic and cytoplasmic diversification in triticale. **Hodowla Roslin Aklimatyzacja i Nasiennictwo**, Poznan, v. 24, p. 329-337, 1980.

CIMMYT. **Triticale helps farmers to diversify**. Mexico, 2004. Disponível em: <http://www.cimmyt.org/whatisimmyt/recent_ar/D_support/triticale.htm>. Acesso em: 14 mar. 2005.

DARVEY, N. L. Strategies for production and utilization of triticale germplasm. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 1986, Sidney. **Proceedings...** Sidney: AIAS, 1986. v. 24 p. 448-564.

FAO. FAOSTAT 2005. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 12 abr. 2005.

FOSSATI, A.; FOSSATI, D.; KLEIJER, G. Triticale breeding in Switzerland. In: BERNARD, M.; BERNARD, S. (Ed.). **Genetics and breeding of Triticale**. Paris: INRA, 1996. p. 649-643.

FOX, P. N.; SKOVMAND, B.; THOMPSON, B. K.; BRAUN, H. J.; CORMIER, R. Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. **Euphytica**, Wageningen, v. 47, p. 57-64, 1990.

GATEL, F.; LAVOREL, O.; FEKETE, J.; GROSJEAN, F.; CASTAING, J. Feeding value of triticale for monogastrics: weaned pigs, growing-finishing pigs and broilers. In: BERNARD, M.; BERNARD, S. (Ed.). **Genetics and Breeding of Triticale**. Paris: INRA, 1985. p. 659-670.

GEIGER, H. H.; OETTLER, G.; MARKER, R.; UTZ, H. F.; WEHMANN F. Evaluating rye inbred lines per se and in euplasmic and alloplasmic crosses for triticale suitability. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 4, p. 725-729, 1993.

GILL, K. S.; BHARDWAJ, H. L.; DHINDSA, G. S. Heterosis and combining ability in triticale. **Cereal Research Communications**, Szeged, v. 7, p. 303-309, 1979.

GREGORY, R. S. Hexaploid triticale: outcrossing studies. **Annual Report Plant Breeding Institute Cambridge**, Cambridge, p. 44, 1976.

GUPTA, P. K.; PRIYADARSHAN, P. M. Triticale: present status and future prospects. **Advances in Genetics**, New York, v. 21, p. 255-345, 1982.

- GUSTAFSON, J. P.; ZILLINSKY, F. J. Identification of D-genome chromosomes from hexaploid wheat in a 42-chromosome triticales. In: INTERNATIONAL WHEAT GENETICS SYMPOSIUM, 4., 1973, Columbia. **Proceedings...** Columbia: Missouri Agricultural Experiment Station, 1973. p. 225-232.
- HERRMANN, M. Close range outcrossing in triticales. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 5., 2002, Radziców. **Proceedings...** Radziców: [S.n.], 2002. v. 1, p. 351-355.
- HILL, G. M. Quality: triticales in animal nutrition. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 2., 1990, Passo Fundo. **Proceedings...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT: CIMMYT: ITA, 1991. p. 422-427.
- IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/>>. Acesso em: 8 jun. 2006.
- JENKINS, B. C. History of the development of some presently promising hexaploid Triticales. **Wheat Information Service**, Kyoto, v. 28, p. 18-20, 1969.
- JORDAN, M. C.; LARTER, E. N. Somaclonal variation in triticales (*x Triticosecale* Wittmack) cv. Carman. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, Ottawa, v. 27, p. 151-157, 1985.
- KULEUNG, C.; BAENZIGER, P. S.; DWEIKAT, I. Transferability of SSR markers among wheat, rye, and triticales. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 108, n. 6, p. 1.147-1.150, 2004.
- LANGE, W.; WOJCIECHOWSKA, B. The crossing of common wheat (*Triticum aestivum* L.) with cultivated rye (*Secale cereale* L.) I. Crossability, pollen grain germination and pollen tube growth. **Euphytica**, Wageningen, v. 25, p. 609-620, 1976.
- LAPINSKI, B.; APOLINARSKA, B. Polish work upon 4r triticales. In: BERNARD, M.; BERNARD, S. (Ed.). **Genetics and breeding of triticales**. Paris: INRA, 1985. p. 262-265.
- LARTER, E. N.; GUSTAFSON, J. P. The influence of the rye parent in triticales breeding program. **Hodowla Roslin Aklimatyzacja i Nasiennictwo**, Poznan, v. 24, p. 451-457, 1980.
- LEIGHTY, C. E. Carman's wheat-rye hybrids. **Journal of Heredity**, Oxford, v. 7, p. 420-427, 1916.
- LELLEY, T. Desynapsis as a possible source of univalents in metaphase I of Triticales. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, Berlin, v. 73, p. 249-258, 1974.
- LEVITZKY, G. A.; BENETZKAJA, G. K. Cytological investigations of constant intermediate rye-wheat hybrids. In: ALLUNION CONGRESS OF GENETICS SELEK, 1929, Leningrad. **Proceedings...** Leningrad: [S.n.], 1930. p. 345-353.
- LIMA, G. J.; VIOLA, E. S.; KRATZ, L. R.; BERMUDEZ, V. L. **Triticale na alimentação animal**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. v. 1. 16 p.
- LUKASZEWSKI, A. J.; GUSTAFSON, J. P. Cytogenetics of triticales. **Plant Breeding Reviews**, Connecticut, v. 5, p. 41-93, 1987.
- LYUSIKOV, O. M.; BEL'KO, N. B.; SHCHET'KO, I. S.; GORDEI, I. A. Construction of rye-wheat amphidiploids with the cytoplasm of rye – Secalotriticum (RRAABB, 2n = 42): meiosis characteristics in rye-triticales F₁ hybrids (RRABR, 5x = 35). **Russian Journal of Genetics**, Moscow, v. 4, n. 7, p. 735-741, 2005.
- MCDONOUGH, C.; COOPER, K. V. New marketing strategies for triticales southern Australia. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 4., 1998, Red Deer. **Proceedings...** Red Deer: [S.n.], 1998. v. 2, p. 284-289.
- MEISTER, G. K. Natural hybridization of wheat and rye in Russia. **Journal of Heredity**, Oxford, v. 12, p. 467-470, 1921.
- MERKER, A. Cytogetics investigations in hexaploid triticales. I. Meiosis and fertility in F₁ e F₂. **Hereditas**, Lund, v. 73, p. 285-289, 1973.

- MÜNTZING, A. Studies on the properties and the ways of production of rye-wheat amphidiploids. **Hereditas**, Lund, v. 25, p. 387-430, 1939.
- NAKAMURA, C.; KELLER, W. A. Callus proliferation and plant regeneration from immature embryos of hexaploid triticales. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, Berlin, v. 88, p. 137-160, 1982.
- NAKAO, M. Cytological studies on the nuclear division of pollen mother-cells of some cereals and their hybrids. **Journal of the College of Agriculture**, Sapporo, v. 4, p. 173-190, 1911.
- NASCIMENTO JUNIOR, A. do; BAIER, A. C.; TEIXEIRA, M. C. C.; WIETHÖLTER, S. Triticale in Brazil. In: MERGOU, M.; MACPHERSON, H. G. (Org.). **Triticale improvement and production**. Roma: FAO, 2004. v. 1. p. 93-98.
- NASCIMENTO JUNIOR, A. do; WIETHÖLTER, S.; BAIER, A. C. Triticale production in Brazil. In: TRITICAL TOPICS. Armidale: International Triticale Association, 2005. p. 20-21. International edition, n. 20.
- OETTLER, G. Effect of parental genotype on crossability and response to colchicine treatment in wheat-rye hybrids. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, Berlin, v. 88, p. 322-330, 1982.
- OETTLER, G. The effect of wheat dwarfing genes on falling number in primary triticales. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM PRE-HARVEST SPROUTING IN CEREALES, 8., 1998, Detmold. **Proceedings...** Detmold: Association of Cereal Research, 1998. Parte 2, p. 125-130.
- OETTLER, G. The fortune of a botanical curiosity. Triticale: past, present and future. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 143, p. 329-346, 2005.
- OETTLER, G. Improving falling number by recurrent selection in winter triticales. In: INTERNATIONAL TRITICAL SYMPOSIUM, 5., 2002, Radziców. **Proceedings...** Radziców: [S.n.], 2002. v. 1, p. 253-259.
- OETTLER, G.; KAISER, S.; SCHILLING, A. G. Application of wheat microsatellite markers in primary triticales. In: INTERNATIONAL TRITICAL SYMPOSIUM, 4., 1998, Red Deer. **Proceedings...** Red Deer: [S.n.], 1998. v. 2, p. 79-81.
- OETTLER, G.; SCHMID, T. Genotypic variation for resistance to *Septoria nodorum* in triticales. **Plant Breeding**, Berlin, v. 119, p. 487-490, 2000.
- OETTLER, G. Variation and covariation of agronomic characters in primary triticales and their wheat and rye parents. In: INTERNATIONAL TRITICAL SYMPOSIUM, 1986, Sidney. **Proceedings...** Sidney: AIAS, 1986. v. 24, p. 120-123.
- OETTLER, G.; WAHLE, G. Genotypic and environmental variation of resistance to head blight in triticales inoculated with *Fusarium culmorum*. **Plant Breeding**, Berlin, v. 120, p. 297-300, 2001.
- PEÑA, R. J.; MERGOU, M.; PFEIFFER, W. H. Glutenin subunit composition and breadmaking quality characteristics of recently developed triticales germplasm of CIMMYT. In: INTERNATIONAL TRITICAL SYMPOSIUM, 4., 1998, Red Deer. **Proceedings...** Red Deer: [S.n.], 1998. v. 1, p. 117-123.
- QUALSET, C. O.; FURMAN, B. J.; HEATON, J. H.; SKOVMAND, B.; WESENBERG, D. M. Assembly and Analysis of a North American Triticale Genetic Resource Collection. In: GUEDES-PINTO, H.; DARVEY N.; CARNIDE, D. V. P. (Ed.). **Triticale: today and tomorrow**. Dordrecht: Kluwer, 1996. p. 261-267.
- RILEY, R.; CHAPMAN, V. The inheritance in wheat of crossability with rye. **Genetic Research**, Cambridge, v. 9, p. 259-267, 1967.
- ROMANO, M. da C. S.; SEQUEIRA-ANTUNES, M. P. Pesquisa da tendência para a alogamia em triticales. **Melhoramento**, Elvas, Portugal, v. 38, p. 128-135, 2002. Disponível em: <http://www.iniap.min-agricultura.pt/ficheiros_public/conceição_romano_2.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2005.

- ROUPAKIAS, D. G.; KALTSIKES, P. J. Genomic effects on the duration of meiosis in triticale and its parental species. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, Ottawa, v. 19, p. 331-343, 1977.
- SÁNCHEZ-MONGE, E. Development of triticales in Western Europe. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 1973, El Batán. **Proceedings...** Ottawa: International Development Research Centre, 1974. p. 31-39.
- SAPRA, V. T.; HUGHES, J. L. Pollen production in hexaploid triticale, **Euphytica**, Wageningen, v. 24, p. 237-243, 1975.
- SCHINKEL, B. Triticale: still a healthy crop? In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 5., 2002, Radziców. **Proceedings...** Radziców: [S.n.], 2002. v. 1. p. 157-162.
- SCOLES, G. J.; KALTSIKES, P. J. The cytology na cytogenetics of Triticale. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, Berlin, v. 73, p. 13-43, 1974.
- SELL, J. L.; HODGSON, G. G.; SHEBESKI, L. H. Triticale as a potential component of chick rations. **Canadian Journal of Animal Science**, Champaign, v. 42, p. 158-166, 1962.
- SHEBESKI, L. H. Future role of triticales in agriculture. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 1973, El Batán. **Proceedings...** Ottawa: International Development Research Centre, 1974. p. 247-250.
- SISODIA, N. S.; MCGINNIS, R. C., Importance of hexaploid wheat germplasm in hexaploid triticale breeding. **Crop Science**, Madison, v. 10, p. 161-162, 1970.
- SOWA, W.; MACKOWIAK, W.; GOWORKO, W.; KRYSIAK, H., CLINCHY, H.; MALICH, W.; SZELAG, J.; GRZESIK, H. Breeding and testing rye-type triticale in Plant Breeding and Acclimatization Institute, IHAR. In: BERNARD, M.; BERNARD, S. (Ed.). **Genetics and Breeding of Triticale**. Paris: INRA, 1985, p. 593-596.
- SOZINOV, A.; LUKJANJUK, S.; IGNATOVA, S. Anther cultivation and induction of haploid plants in triticale. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, Berlin, v. 86, p. 272-285, 1981.
- STOLARZ, A. Cell and protoplast culture, somatic embryogenesis and transformation studies in different forms of *Triticosecale* Wittmack. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 2., 1990, Passo Fundo. **Proceedings...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT: CIMMYT: ITA, 1991. p. 286-289.
- STOLARZ, A.; LÖRZ, H. Somatic embryogenesis, *in vitro* multiplication and plant regeneration from immature embryo explants of hexaploid triticale (*x Triticosecale* Wittmack), **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, Berlin, v. 96, p. 353-362, 1986.
- TAIRA, T. LELLEY, T.; LARTER, E. N. Influence of parental rye on the development of embryos and endosperm of wheat-rye hybrids. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 56, p. 386-390, 1978.
- TAMS, S. H.; BAUER, E.; OETTLER, G.; MELCHINGER, A. E. Genetic diversity in European winter triticale determined with SSR markers and coancestry coefficient. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 108, p. 1.385-1.391, 2005.
- TAYLOR, J. W.; QUISENBERRY, K. S. Inheritance of rye crossability in wheat hybrids. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 27, p. 149-153, 1935.
- THOMAS, J. B.; KALTSIKES, P. J. Chromosome pairing in hexaploid in hexaploid triticale. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, Ottawa. v. 13, p. 621-624, 1971.
- THOMAS, J. B.; KALTSIKES, P. J.; GUSTAFSON, J. P.; ROUPAKIAS, D. G. Development of kernel shriveling in triticale. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, Berlin, v. 85, p. 1-27, 1980.
- TOHVER, M.; KANN, A.; TÄHT, R.; MIHHALEVSKI, A.; HAKMAN, J. Quality of triticale cultivars suit able for growing and bread-making in northern conditions. **Food Chemistry**, Oxford, v. 89, p. 125-132, 2005.

VARUGHESE, G.; PFEIFFER, W. H.; PENA, R. J. Triticale: a successful alternative crop. Part 2. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 41, n. 7, p. 635-645, 1996.

WANG, Y. Y.; SUN, C. S.; WANG, C. C.; CHIEN, N. F. The induction of the pollen plantlets of Triticale and *Capsicum annuum* from anther culture. **Scientia Sinica**, Peking, v. 16, p. 147-151, 1973.

WEIPERT, D. Triticale processing in milling and baking. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 1986, Sidney. **Proceedings...** Sidney: AIAS, 1986. v. 24. p. 402-411.

WRIGTH, R. L.; AGYARE, J. A.; JESSOP, R. S. Selection factors for Australian grazing/dual purpose triticales. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 2., 1990, Passo Fundo. **Proceedings...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT: CIMMYT: ITA, 1991. p. 438-441.

YEUNG, K. C.; LARTER, E. N. Pollen production and dissemination properties of triticale relative to wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 52, p. 569-574, 1972.

ZILLINSKY, F. J. The development of triticale. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 26, p. 315-348, 1974a.

ZILLINSKY, F. J. The triticale improvement programme at CIMMYT. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 1973, El Batán. **Proceedings...** Ottawa: International Development Research Centre, 1974b. p. 81-85.

ZIMNY, J.; BECKER, D.; BRETTSCHEIDER, R.; LÖRZ, H. Fertile, transgenic Triticale (*x Triticosecale* Wittmack), **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 1, p. 155-164, 1995.