

Potencial de rendimento de grãos

*Osmar Rodrigues, Agostinho Dirceu
Didonet, Mauro Cesar CelaroTeixeira*

O conteúdo de proteína nos grãos é fator determinante da qualidade de panificação. A qualidade de panificação do trigo, é diretamente relacionada com a concentração total de proteína dos grãos. Como consequência, a concentração de proteína dos grãos é um dos critérios mais importante para o estabelecimento do preço do trigo. Por essa razão, esse fator tem sido considerado em muitos estudos de fisiologia e de melhoramento para a geração de cultivares de trigo com alta concentração de proteína nos grãos (CPG). Entretanto, tal característica tem sido muito difícil de ser obtida, devido a correlação negativa entre o rendimento de grãos e conteúdo de proteína (AUSTIN et al., 1980; LÖFFLER & BUSCH, 1982; COX et al., 1985; LÖFFLER et al., 1985; HEITHOLT et al., 1990; LOWLOR, 2002; TRIBOI & TRIBOI-BLONDEL, 2002).

Várias são as causas dessa relação negativa entre rendimento de grãos de trigo e conteúdo de proteínas. Contudo, não se tem ainda um consenso sobre o assunto. Uma corrente aponta a origem genética como causa dessa relação negativa (McNEAL et al., 1972), enquanto outras atribuem-na ao ambiente (BHATIA & RABSON, 1976; KIBITE & EVANS, 1984).

A reduzida concentração de nitrogênio nos grãos das cultivares mais produtivas, tem como causa a superior habilidade dessas cultivares em particionar fotoassimilados aos grãos e a ausência de um melhoramento equivalente na remobilização de compostos nitrogenados até os grãos em crescimento (McNEAL et al., 1978). Bhatia & Rabson (1976) apontam que a competição entre carboidratos e proteínas, tanto por energia como por estruturas de carbono, pode ser responsável por essa relação negativa. Apesar de muitos autores terem atribuído que a causa dessa relação inversa é genética, Kibite & Evans (1984) e Dalling (1985) apontam que são os fatores do ambiente que produzem a diluição de proteínas, por aumentarem a participação de compostos não nitrogenados. Associado a isso, existe ampla evidência que o transporte de carbono “C” para os grãos dos cereais é independente do transporte de nitrogênio “N” (BARNIEX, 2007), e que os processos de síntese de carboidratos e proteínas são também independentes.

Terman (1979) observou que o fato de cultivares possuírem altos teores de proteína nos grãos em um dado nível de potencial de rendimento, poderia ser devido a sua maior absorção de nitrogênio ou à partição de nitrogênio dos órgãos vegetativos para os grãos.

Kramer (1979) aborda outra possibilidade para explicar a relação inversa entre rendimento de grãos e qualidade dos órgãos de colheita em trigo. Nesse estudo, sugeriu que a relação inversa poderia ser explicada primariamente por meio do índice de colheita. Contudo, resultados obtidos na Embrapa Trigo (RODRIGUES, 2003) com as cultivares BR 23, BRS 49 e BRS 120 evidenciaram que o IC não foi correlacionado significativamente com o teor de proteína nos grãos, ao contrá-

rio do que se esperava em função da diluição do teor de proteína (Fig. 4 e 5). A falta de correlação observada nesse estudo sugere que a eficiência de partição de N pode ser aumentada sem a consequente redução do índice de colheita.

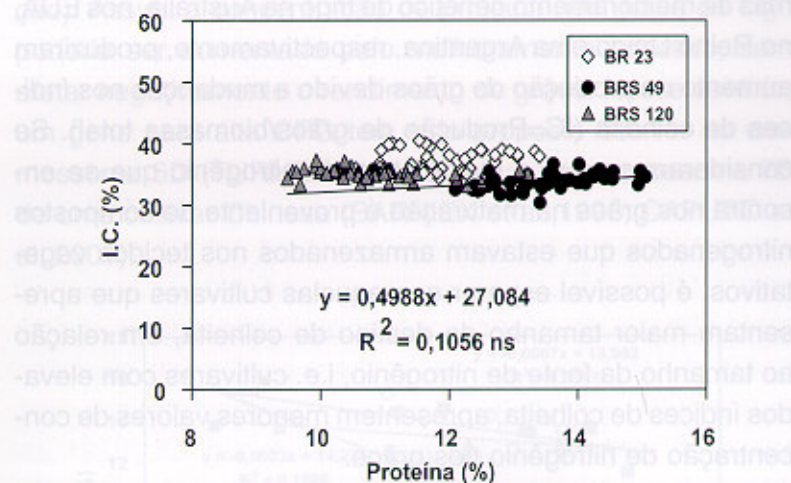


Fig. 4. Relação entre o índice de colheita e o teor de proteína nos grãos de cultivares de trigo em 1999.

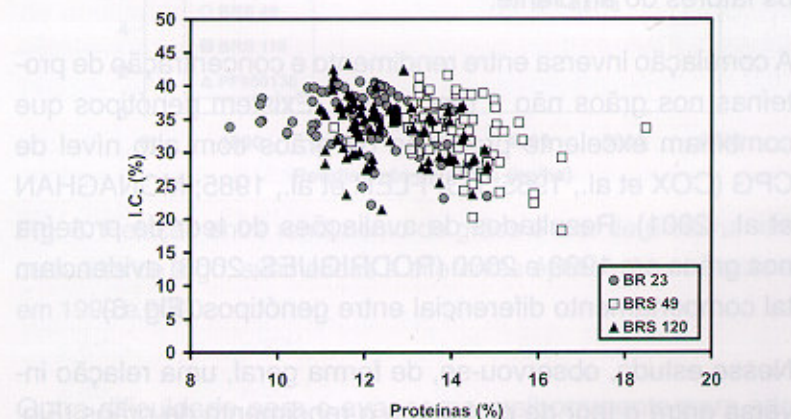


Fig. 5. Relação entre índice de colheita e teor de proteína nos grãos em cultivares de trigo em 2000.

Ao contrário da evolução do melhoramento genético do trigo no Sul Brasil (RODRIGUES et al., 2007), estudos realizados por Perry & d'Antuono (1989), Cox et al. (1988), Austin et al. (1989) e Slafer & Andrade (1989) apontaram que os programas de melhoramento genético de trigo na Austrália, nos EUA, no Reino Unido e na Argentina, respectivamente, produziram aumento na produção de grãos devido a mudanças nos índices de colheita ($IC = \text{Produção de grãos} / \text{biomassa total}$). Se considerarmos que a maior parte do nitrogênio que se encontra nos grãos na maturação é proveniente de compostos nitrogenados que estavam armazenados nos tecidos vegetativos, é possível esperar que aquelas cultivares que apresentam maior tamanho do destino de colheita, em relação ao tamanho da fonte de nitrogênio, i.e. cultivares com elevados índices de colheita, apresentem menores valores de concentração de nitrogênio nos grãos.

Miezan et al. (1977) concluíram que os fatores genéticos influem sobre a concentração de nitrogênio no grão, tanto quanto os fatores do ambiente.

A correlação inversa entre rendimento e concentração de proteínas nos grãos não é regra geral. Existem genótipos que combinam excelente produção de grãos com alto nível de CPG (COX et al., 1985; LÖFFLER et al., 1985; MONAGHAN et al., 2001). Resultados de avaliações do teor de proteína nos grãos em 1999 e 2000 (RODRIGUES, 2003) evidenciam tal comportamento diferencial entre genótipos (Fig. 6).

Nesse estudo, observou-se, de forma geral, uma relação inversa entre o teor de proteína e o rendimento de grãos (Fig. 6) na linhagem PF 950136, apesar do maior período vegetativo dessa linhagem e, portanto, maior capacidade de redução de

nitrogênio. Nas demais cultivares, esse efeito foi pouco pronunciado, destacando-se a cultivar BRS 119 em que o teor de proteína dos grãos não foi alterado significativamente em função da redução do rendimento de grãos (efeito de diluição). Assim, a concentração de proteína nos grãos de trigo poderia ser aumentada pelo melhoramento genético, sem afetar negativamente o rendimento de grãos. Nesse sentido, um gene para alta CPG tem sido proposto ocorrer no cromossoma 5D (TURNER et al., 2004) e no cromossoma 7B de uma cultivar Chinesa (BARNIEX et al., 1998; CAPUTO et al., 2001).

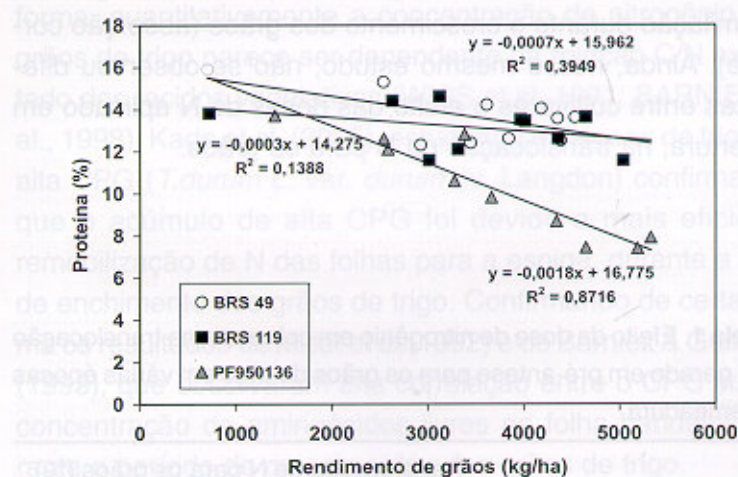


Fig. 6. Relação entre rendimento de grãos e teor de proteína em cultivares de trigo, submetidas a diferentes épocas de semeadura em 1999 e 2000.

Outra dificuldade para o avanço no melhoramento para alto CPG em trigo, é falta de entendimento dos processos bioquímicos e fisiológicos que comandam o acúmulo e

remobilização de N para os grãos. A maior parte do nitrogênio acumulado nos grãos de trigo, ocorre antes da antese e após, é remobilizado para espiga durante o período de enchimento de grãos, onde é usado para síntese de proteínas (TRIBOI & TRIBOI-BLONDEL, 2002). Estudos realizados na Embrapa Trigo (RODRIGUES, 2003), para avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio em cobertura na qualidade industrial dos grãos de trigo, em cultivares (BR 23, BRS 49 e BRS 120) caracterizadas para diferentes usos (pão e biscoito), apontaram que, aproximadamente, 2/3 do N dos grãos de trigo são derivados de N assimilado antes da antese e translocado para os grãos (Tabela 1). O restante do nitrogênio (1/3) tem sua origem da assimilação durante o crescimento dos grãos (absorção corrente). Ainda, nesse mesmo estudo, não se observou diferenças entre cultivares e efeito das doses de N aplicado em cobertura, na translocação de N para os grãos.

Tabela 1. Efeito da dose de nitrogênio em cobertura na translocação de N gerado em pré-antese para os grãos de trigo em várias épocas de semeadura.

N (kg/ha)	Translocação de N para os grãos (%)		
	BR 23	BRS 49	BRS 120
0	76 a*	59 a	79 a
30	68 a	65 a	76 a
60	65 a	63 a	73 a
90	75 a	68 a	68 a

* Médias seguidas pelas mesmas nas colunas, não diferem estatisticamente ($p < 0,05$).

Assim, podemos resumir a origem do conteúdo de N dos grãos em duas fontes principais:

- a) nitrogênio absorvido durante o período de crescimento de grãos (Absorção corrente) e,
- b) o nitrogênio reduzido até antese e translocado para os grãos (DALLING et al., 1976; DALLING, 1985; SAVIN & SLAFER, 1991).

Esta translocação de N para a espiga, acontece via aminoácidos produzidos pela ação de enzimas proteolíticas que hidrolisam as proteínas das folhas (VIERSTRA, 1996). Dessa forma, quantitativamente a concentração de nitrogênio nos grãos de trigo parece ser dependente da relação C/N exportado dos tecidos vegetativos (WISS et al., 1991; BARNIEX et al., 1998). Kade et al. (2005), estudando linhagens de trigo de alta CPG (*T.durum* L. var. *durum* cv. Langdon) confirmaram que o acúmulo de alta CPG foi devido a mais eficiente remobilização de N das folhas para a espiga, durante a fase de enchimento dos grãos de trigo. Confirmando de certa forma os resultados de Millet et al. (1992) e de Barniex & Guitman (1993), que observaram alta correlação entre o CPG com a concentração de aminoácidos livres na folha bandeira, durante o período de crescimentos dos grãos de trigo.

Do ponto de vista do manejo do cultivo, o aumento do teor de proteínas nos grãos tem sido obtido por meio da aplicação de fertilizantes nitrogenados (McNEAL et al., 1971) e do melhoramento genético (LÖFFLER et al., 1985).

Em condições de campo, a disponibilidade de nitratos durante os últimos estádios de crescimento da cultura de trigo é reduzida (DALLING, 1985). Dessa forma, a cultura acumula

maior proporção de nitrogênio durante o seu ciclo, nos estádios anteriores à antese e, em seguida, uma grande proporção desse nitrogênio é translocada aos grãos (DESAI & BHATIA, 1978; RODRIGUES et al., 2000). Nessa condição, se o rendimento de grãos não variar, os incrementos de nitrogênio produzirão aumento na concentração desse elemento nos órgãos de colheita. Por outro lado, se as condições de ambiente são mais favoráveis ao crescimento reprodutivo do trigo e a disponibilidade de nitrogênio é reduzida, ocorre um efeito de “diluição” do conteúdo de nitrogênio nos grãos e a correspondente redução na concentração de proteínas e qualidade da farinha. Assim, qualquer fator de ambiente que afete a produção de grãos também afeta a concentração de proteína dos grãos (CPG). Devido a essa importante interação entre as condições de ambiente e a concentração final de proteína nos grãos (CPG), tem sido proposto que mais da metade da CPG é determinada pelo ambiente e somente uma pequena proporção é determinada por fatores genéticos (TRIBOI & TRIBOI-BLONDEL, 2002). Portanto, muito importante é a relação entre essas duas frações, para uma precisa análise da evolução da qualidade.

Por outro lado, se a disponibilidade de nitrogênio é alta, podemos observar um aumento tanto no rendimento de grãos quanto na concentração de proteínas nos grãos. Estudos apresentados por Uhart (1998) apontam que aplicações de 100 kg/ha de N permitiu quase duplicar o rendimento de grãos em trigo, com um aumento paralelo no conteúdo de proteína dos grãos, no peso do hectolitro, na redução da porcentagem de grãos com “barriga branca”, no aumento da porcentagem de glúten úmido e no aumento do W (W=força do glúten). Da mesma forma, resultados obtidos na Embrapa

Trigo, mostram que com aplicação de até 90 kg/ha de nitrogênio em cobertura (RODRIGUES, 2003), as cultivares BR 23, BRS 120 e BRS 49 produziram um aumento de cerca de 30% no rendimento de grãos (Tabela 2), 8% no teor de proteínas (Tabela 3) e de 16% na força de glúten (Tabela 4), a exceção, nesse último parâmetro, da cultivar BR 23.

Tabela 2. Dose de nitrogênio em cobertura no desempenho produtivo de cultivares de trigo, independente da época de semeadura em 1999.

N (kg/ha)	Rendimento de grãos (kg/ha)		
	BR 23	BRS 49	BRS 120
0	3.324 c*	2.896 c	3.245 d
30	3.845 b	3.530 b	3.863 c
60	4.287 a	3.937 a	4.340 b
90	4.563 a	4.215 a	4.665 a

* Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem estatisticamente ($p < 0,05$).

Tabela 3. Dose de nitrogênio em cobertura no teor de proteína do grão, em cultivares de trigo, independente da época de semeadura em 1999.

N (kg/ha)	% de proteína		
	BR 23	BRS 49	BRS 120
0	11,70 b*	12,90 b	10,3 c
30	11,70 b	13,30 ab	10,3 c
60	12,03 b	13,60 a	10,8 b
90	12,85 a	13,90 a	11,4 a

* Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem estatisticamente ($p < 0,05$).

Tabela 4. Dose de nitrogênio em cobertura na força de glúten (W) de cultivares de trigo, independente da época de semeadura em 1999.

N (kg/ha)	Força de glúten (W)		
	BR 23	BRS 49	BRS 120
0	116 a*	173 b	126 b
30	116 a	183 b	135 ab
60	112 a	187 ab	140 ab
90	112 a	205 a	151 a

*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem estatisticamente ($p < 0,05$).

A partição de nitrogênio influi diretamente na concentração de nitrogênio nos grãos (JOHNSON et al., 1967; GALLAGHER et al., 1983; DAY et al., 1985), pois, quanto maior o índice de colheita de nitrogênio, maior será também a concentração desse elemento nos grãos. Nesse sentido, à medida em que se atrasa o fornecimento de nitrogênio após o estágio de espiguetas terminal (NERSON et al., 1980), aumenta-se a translocação de nitrogênio aos grãos. Assim, a disponibilização de nitrogênio após a antese pode ser de importância para o aumento da proteína no grão. Muitos estudos avaliaram esse aspecto (AUSTIN et al., 1977; COX et al., 1985; HARPER et al., 1987), contudo a assimilação de nitrogênio em estágios de desenvolvimento avançados implicaria em maiores custos, pelo requerimento adicional de fertilizantes à cultura (BHATIA & RABSON, 1976). Contudo, aplicações foliares de até 30 kg/ha na antese permitiram aumentar 1,2 a 1,4 o teor de proteína dos grãos de trigo, correspondendo a um aumento médio de 11,5% no total de proteína dos grãos (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito da dose de nitrogênio (via foliar) na antese no teor de proteína dos grãos de trigo em 1999.

Nitrogênio (kg/ha)	(%) proteína
0	10,3 c*
10	10,6 c
20	11,0 b
30	11,5 a

*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente ($p < 0,05$).

Além do aumento no teor de proteína pela utilização tardia de nitrogênio (antese), maior valor de MS-SDS também foi observado (Tabela 6). Contudo, tal comportamento não foi observado para valores de W pela aplicação tardia de nitrogênio (Tabela 7). O marcante efeito da aplicação na antese de nitrogênio no aumento do teor de proteína (Tabela 5) sem o correspondente aumento no W, pode estar indicando o aumento de proteína não-glúten. Corroborando esses resultados, não se observou correlação entre W e SDS (Figura 7). Esse resultado ressalta, o cuidado que devemos ter no manejo de N nas plantas, quando da utilização de teste de sedimentação como critério de seleção para qualidade de panificação.

Tabela 6. Efeito da dose de nitrogênio (via foliar) na antese no volume de sedimentação de proteína (SDS Teste) dos grãos de trigo em 1999.

Nitrogênio (kg/ha)	Teste MS-SDS
0	9,4 b
10	10,1 ab
20	9,9 b
30	11,0 a

* Médias seguidas pelas mesmas na coluna não diferem estatisticamente ($p < 0,05$).

Tabela 7. Efeito da dose de nitrogênio (via foliar) na antese na força de glúten dos grãos de trigo em 1999.

Nitrogênio (kg/ha)	Força de glúten W
0	109 a
10	109 a
20	113 a
30	119 a

* Médias seguidas pelas mesmas na coluna não diferem estatisticamente ($p < 0,05$).

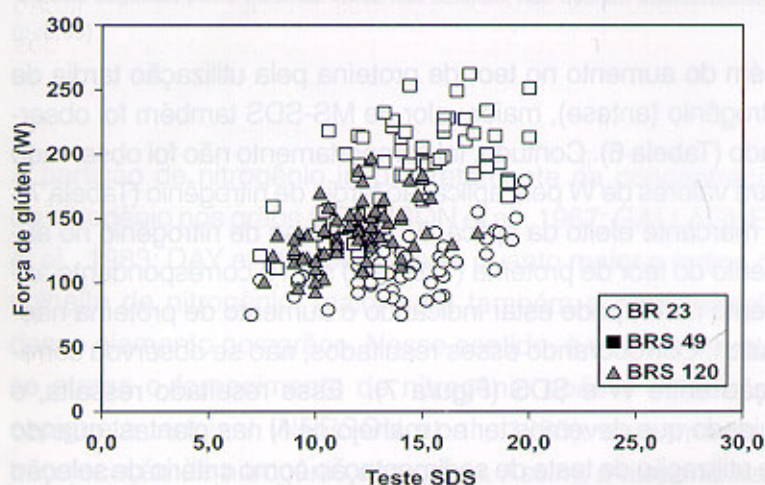


Fig.7. Relação entre força de glúten e teste de SDS em cultivares de trigo submetidos a diferentes doses de nitrogênio em 1999.

O aumento no teor de proteína dos grãos pode estar limitado, pelo mecanismo de transporte de N para os grãos, dependendo do nível de fertilizantes nitrogenados aplicado. Após adição de alta quantidade de N, o CPG alcança um máximo e permanece estável, enquanto a concentração de N na palha segue aumentando, evidenciando inibição no processo de

remobilização de N. O aumento na fertilização de N não é acompanhado pelo mesmo aumento na absorção de N pela cultura (TRIBOI & TRIBOI-BLONDEL, 2002). Portanto com alta fertilização nitrogenada, o transporte de N para os grãos é muito ineficiente (BARNIEX, 2007) e grande parte desse N permanece na palha, provocando baixo índice de colheita de N e baixa eficiência de uso. Barniex (2007) em revisão sobre os mecanismos de regulação da concentração de proteínas nos grãos, propôs um modelo para explicar tal regulação. Nesse modelo aborda dois pontos principais de regulação (Fig. 8). No primeiro, quando o período de crescimento dos grãos ocorre em um solo com deficiência de N (absorção de N não pode satisfazer a demanda de N da planta) o que provoca uma deficiência na produção de citocininas, induzindo com isso a degradação das proteínas das folhas. Em decorrência dessa proteólise, os aminoácidos são exportados para a espiga via floema, onde são usados para síntese de proteínas nos grãos. Nessa condição, como o acúmulo de carbono é pouco afetado pela deficiência de N, ocorre em decorrência decréscimo CPG. Por outro lado, quando o crescimento dos grãos ocorre em ambiente em que a disponibilidade de N do solo é alta, o sistema de absorção de N (Nitrato) das raízes é inibido (GLASS et al., 2002), devido a alta concentração de aminoácidos no tecido. Alguns aminoácidos especificamente, inibem a transcrição de alguns genes dos transportadores de nitratos nas membranas, enquanto que a deficiência ativa-os (GLASS et al., 2002). O nível de aminoácidos livres no floema funciona como um sinal para as raízes, indicando o nível de N da planta, ativando ou inibindo a absorção de N. Nessa situação, ocorre baixa absorção de N (Nitrato) apesar sua alta disponibilidade no solo. Isto resulta em baixa redução de N e a exportação de aminoácidos para o floema é limitada (Fig. 8).

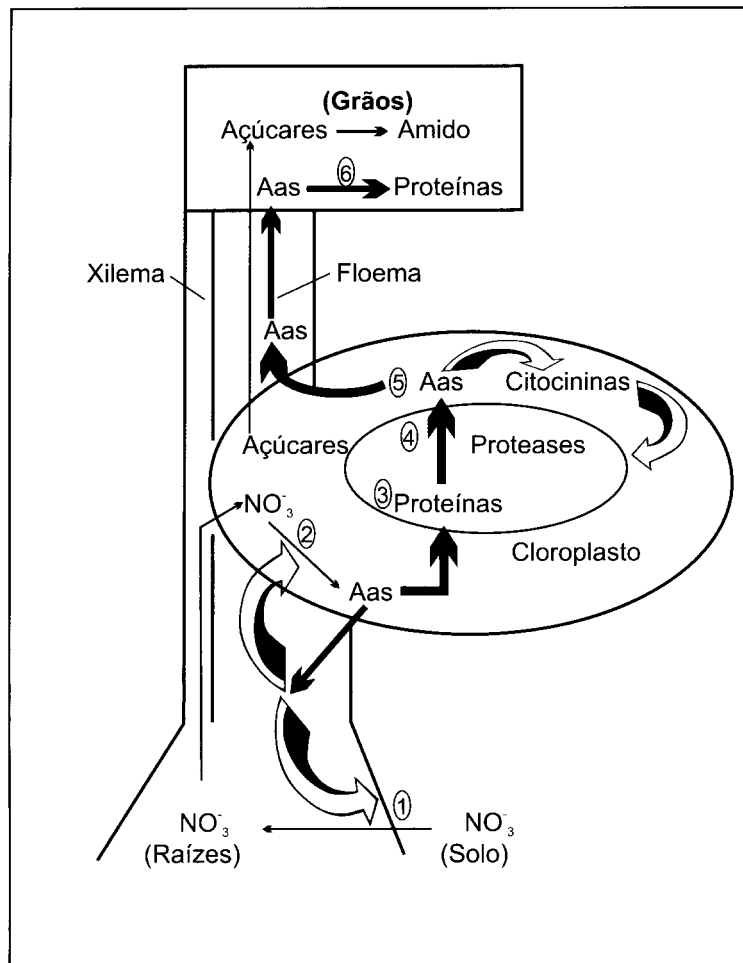


Fig. 8. Representação esquemática dos pontos de regulação no metabolismo de nitrogênio para o acúmulo de proteína nos grãos. Setas lineares indicam fluxo de açúcar e nitrato. Setas em bloco negro indicam fluxo de aminoácidos. Setas em bloco branco indicam provável ponto de regulação: (1) *absorção de NO_3^-* , (2) *redução de NO_3^-* , (3) *síntese de proteína*, (4) *hidrólise de proteína*, (5) *exportação de aminoácidos para o floema* e (6) *síntese de proteína nos grãos*.

Fonte: Adaptada de Barniex, 2007.

O alto nível de N da planta aumenta a concentração de citocininas (FORDE, 2002) que impede a senescência foliar e a degradação das proteínas. Consequentemente, a exportação de aminoácidos livres permanece baixa, e a concentração de aminoácidos e a relação C/N no floema, não decresce. Assim, finalmente o CPG permanece no seu nível, enquanto o conteúdo de N palha aumenta, decrescendo o índice de colheita de N.

O aumento no teor de proteínas dos grãos pode também estar limitado pela biomassa antes da antese, principalmente nas cultivares em que o aumento do potencial de produção de grãos foi obtido por meio do aumento no índice de colheita. Considerando que a biomassa total é pouco variável e que o rendimento de grãos nas cultivares modernas tem sido atribuído, pelo menos em parte, ao aumento do índice de colheita, então, maiores índices, nessas condições, produzem um decréscimo nos órgãos vegetativos proporcional ao aumento nos órgãos de colheita. Assim sendo, uma elevação na taxa de crescimento antes da antese poderia aumentar a capacidade da cultura em absorver e reduzir nitrogênio, impedindo a redução do teor de proteína nos grãos pela diluição por carboidratos. Um possível caminho para aumentar a produção de biomassa seria através do aumento da quantidade de radiação interceptada e da eficiência de uso desta pela cultura de trigo. Isso poderia ser obtido mediante práticas de distribuição de genótipos específicos no tempo e no espaço, em regiões climaticamente distintas.

Considerando que o rendimento de grãos é um dos fatores mais importantes no que tange a redução do custo de produção de trigo, fator decisivo para que tenhamos competitividade e sustentabilidade em nosso sistema de produção, então, não

podemos, pelo menos a curto prazo, desviar nossa atenção para obtenção de tecnologia para produção de altos rendimentos de trigo com melhor qualidade. Portanto, aumentar a quantidade de nitrogênio absorvido/reduzido e sua partição para o crescimento de grãos poderia ser uma possível estratégia para aumentar o conteúdo de proteínas nos grãos, sem impor restrição ao potencial de rendimento de grãos.

Dessa forma, torna-se necessário conhecer e caracterizar nossas cultivares com respeito à partição e ao acúmulo de nitrogênio na biomassa, pois efeito positivo seria esperado entre índice de colheita de nitrogênio e conteúdo total de nitrogênio no grão, principalmente quando não existem diferenças na quantidade total de nitrogênio absorvido. Nesse aspecto, a seleção por elevado índice de colheita de nitrogênio poderia representar um avanço para melhorar a concentração de nitrogênio nos grãos de trigo. Contudo, tal possibilidade necessita ser confirmada nas condições de cultivo do sul do Brasil.

Como a quantidade de nitrogênio absorvido parece depender da taxa de crescimento do tecido, ou seja, depende da biomassa produzida principalmente antes da antese, estratégias de aumento de biomassa antes da antese poderiam representar um mecanismo de aumento do teor de proteína nos grãos sem representar redução no rendimento. Nesse sentido, semeaduras antecipadas (abril e maio nas condições de Passo Fundo-RS), aproveitando as temperaturas mais elevadas, comparativamente a junho e julho, poderiam induzir maiores taxas de redução de nitrato (RODRIGUES et al., 1994) representando uma maior utilização do nitrogênio disponível e consequente acúmulo na biomassa. Por outro lado, essa condição poderia ser potencializada pelo uso de

material genético com resposta à vernalização, pois assim teríamos um período vegetativo maior para produção de fotossintatos e assimilação de nitrogênio e, consequentemente maiores chances de escape da ocorrência de geadas na floração.

Referências Bibliográficas

ALTENBACH, S. B.; DUPONT, F. M.; KOTHARI, K. M.; CHAN, R.; JOHNSON, E. L.; LIEU, D. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. **Journal of Cereal Science**, London, v. 37, p. 9-20, 2003.

AUSTIN, R. B.; BINGHAM, J.; BLACKWELL, R. D.; EVANS, L. T.; FORD, M. A.; MORGAN, C. L.; TAYLOR, M. Genetic improvements in winter wheat yield since 1900 and associated physiological changes. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 94, p. 675-689, 1980.

AUSTIN, R. B.; EDRICH, J. A.; FORD, M. A.; BLACKWELL, R. D. The fate of dry matter, carbohydrates and ^{14}C lost from the leaves and stems of wheat during grain filling. **Annals of Botany**, London, v. 41, p. 1309-1321, 1977.

AUSTIN, R. B.; FORD, M. A.; MORGAN, C. L. Genetic improvement in the yield of winter wheat: A further evaluation. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 112, p. 295-301, 1989.

BARNEIX, A. J.; FATTA, N.; KADE, M.; PFLÜGER, L.; SUAREZ, E. Y. The short arm of chromosome 7B effects grain protein concentration in wheat. **Cereal Research Communications**, Szeged, v. 26, p. 101-106, 1998.

BARNEIX, A. J.; GUITMAN, M. R. Leaf regulation of the nitrogen concentration in the grain of wheat plants. **Journal Experimental Botany**, London, v. 44, p. 1607-1612, 1993.

BARNEIX, A. J. Physiology and biochemistry of source-regulated protein accumulation in the wheat grain. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 164, p. 581-590, 2007.

BASSOI, M. C.; FLINTHAM, J.; RIEDE, C. R. Analysis of preharvest sprouting in three Brazilian wheat populations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 583-590, 2006.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BHATIA, C. R.; RABSON, R. Bioenergetic consideration in cereal breeding for protein improvement. **Science**, Washington, DC, v. 194, p. 1418-1421, 1976.

BLANCO, A.; GIOVANNI, C. de; LADDOMADA, B.; SCIANCALEPORE, A.; SIMEONE, R.; DEVOS, K. M.; GALE, M. D. Quantitative trait loci influencing grain protein content in tetraploid wheats. **Plant Breeding**, Berlin, v. 115, p. 310-316, 1996.

BORGHI, B.; CORBELLINI, M.; MINOIA, C.; PALUMBO, M. M.; DI FONZO, N.; PERENZIN, M. Effects of Mediterranean climate on wheat bread-making quality. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 6, p. 145-154, 1997.

BOUWMEESTER, H. J.; KARSSSEN, C. M. The effect of environmental condition on the annual dormancy patterns of seeds of *Spergula arvensis*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 71, p. 64-73, 1993.

CANTAMUTTO, M. A.; MOKEL, F. E.; GALLEZ, L. M.; GULLACE, G. D. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre el "lavado" del grano de trigo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Buenos Aires, v. 61/62, p. 131-141, 1985/1986.

CAPUTO, C.; FATTA, N.; BARNIEX, A. J. The export of amino acid to the floem is altered in wheat plants lacking the short arm of chromosome 7B. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 52, p. 1761-1768, 2001.

CIAFFI, M.; TOZZI, L.; BORGHIT, B.; CORBELLINI, M.; LAFIANDRA, D. Effect of heat shock during grain filling on the gluten protein composition of bread wheat. **Journal of Cereal Science**, London, v. 24, p. 91-100, 1996.

CIHA, A. J.; GOLDSTEIN, W. A. Effects of fertility and rain simulation during grain fill on protein content, starch quality, and alpha-amylase activity in winter wheat. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRE-HARVEST SPROUTING IN CEREALS, 3., 1983, Boulder, CO, USA. **Proceedings...** Boulder: Westview-Press, 1983. p. 72-78.

CONFORD, C. A.; BLACK, M.; DAUSSANT, J.; MURDOCH, K. M. Alfa amylase production by premature wheat (*Triticum aestivum*). **Journal of Experimental Botany**, London, v. 38, p. 277-285, 1987.

COX, C. M.; QUALSET, C. O.; RAINS, D. W. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. I. Dry matter and nitrogen accumulation. **Crop Science**, Madison, v. 25, p. 430-435, 1985.

COX, T. S.; SHROYER, J. P.; BEM-HUI, L.; SEARS, R. G.; MARTIN, T. J. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. **Crop Science**, Madison, v. 28, p. 756-760, 1988.

DALLING, M. J. The physiological basis of nitrogen redistribution during grain filling in cereal. In: SCRADER, L.; HOWEL, R. (Ed.). **Exploration of physiological and genetic variability to enhance crop productivity**. Rockland Madison: American Society of Plant Physiologists, 1985. p. 55-71.

DALLING, M. J.; BOLAND, G.; WILSON, J. H. Relation between acid proteinase activity and redistribution of nitrogen during grain development in wheat. **Australian Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 3, p. 721-730, 1976.

DANIEL, C.; TRIBOI, E. Changes in wheat protein aggregation during grain development: effects of temperatures and water stress. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 16, p. 1-12, 2002.

DAY, G. E.; PULSEN, G. M.; SEARS, R. G. Nitrogen relation in winter wheat cultivars differing in grain protein percentage and stature. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 8, p. 555-566, 1985.

DERERA, N. F.; NOLL, J. S. Genetic improvement for sprouting tolerance in white wheats. In: INTERNATIONAL CEREAL AND BREAD CONGRESS, 6., 1978, Winnipeg. **Abstracts...** St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1978.

DESAI, R. M.; BHATIA, C. R. Nitrogen uptake and nitrogen harvest index in durum wheat cultivars varying in their grain protein concentration. **Euphytica**, Wageningen, v. 27, p. 561-566, 1978.

DOMINGUEZ, F.; CEJUDO, F. J. Characterization of the endoproteases appearing during wheat grain development. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 112, p. 1211-1217, 1996.

DUPUIS, B.; BUSHUK, W.; SAPIRSTEIN, H. D. Characterization of acetic acid soluble and insoluble fractions of glutenin of bread wheat. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 73, n. 1, p. 131-135, 1996.

ENTZ, M. H.; FOWLER, D. B. Critical stress periods affecting productivity of no-till winter wheat in western Canada. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 987-992, 1988.

EVANS, M.; BLACK, M.; CHAPMAN, J. Induction of hormone sensitivity by dehydration is one positive role for drying in cereal seed. **Nature**, London, v. 258, p. 144-145, 1975.

FIELD, J. M.; SHEWRY, P. R.; MIFLIN, B. J. Solubilization and characterization of wheat gluten proteins: correlations between the amount of aggregated proteins and baking quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 34, p. 370-377, 1983.

FINNEY, K. F.; YAMAZARI, W. T.; JOUNGS, V. L.; RUBENTHALER, G. L. Quality of hard, soft and durum wheats. In: HEYNE, E. G. (Ed.). **Wheat and wheat improvement**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy - Crop Science Society of America - Soil Science Society of America, 1987.

p. 677-748. (ASA. Agronomy, 13).

FORDE, B. G. The role of long-distance signalling in plants responses to nitrate and other nutrients. **Journal Experimental Botany**, London, v. 53, p. 39-43, 2002.

FOWLER, D.B.; BRYDON, J. DARROCH, B.A ; ENTZ, M.H.; JOHNSTON, A.M. Environmental and genotype influence on grain protein concentration of wheat and rye. **Agronomy Journal**, v.82, p.655-664, 1990.

FRANCO, F. de A.; PINTO, R. J. B.; SCAPIM, C. A.; SCHUSTER, I.; VIGANO, J.; MARCHIORO, S.; BRACCINI, A. de L. Pré-esfriamento para superação da dormência de sementes de trigo colhidas na época da aturidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 31, n. 2, p. 245-252, 2009.

GALE, M. D.; FLINTHAM, J. E.; MARES, P. Applications of molecular and biochemical markers in breeding for low alpha-amylase wheats. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRE-HARVEST SPROUTING IN CEREALS, 5., 1990, Boulder, CO, USA. **Proceedings...** Boulder: Westvie Press, 1990. p. 167-175.

GALE, M. D.; LAW, C. N.; CHOJECKI, A. J.; KEMPTON, R. A. Genetic control of alfa-amylase production in wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, NY, v. 64, p. 309-316, 1983.

GALE, M. D.;SALTER, A. M.; LENTON, J. R. The induction of germination alpha-amylase during wheat grain development in unfavourable weather conditions. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRE-HARVEST SPROUTING IN

CEREALS, 4., 1987, Boulder, CO, USA. **Proceedings...**
Boulder: Westvie Press, 1987. p. 273-282.

GALLAGHER, L. W.; SOLIMAN, K. M.; RAINS, D. W.;
QUALSET, C. O.; HUFFAKER, R. C. Nitrogen assimilation
in comon wheat differing in potential nitrate reductase
activity and tissue nitrate concentration. **Crop Science**,
Madison, v. 23, p. 913-919, 1983.

GARCIA-MAYA, M.; CHAPMAN, J. M.; BLACK, M. Regulation
of alfa-amylase formation and gene expression in the
developing wheat embryo. Role of abscisic acid, on the
osmotic environment and gibberelin. **Planta**, New York, v.
181, p. 296-303, 1990.

GLASS, A. D. M.; BRITTO, D. T.; KAISER, B. N.;
KINGHORN, J. R.; KRONZUCKER, H. J.; KUMAR, A. The
regulation of nitrate and ammonium transport sistems in
plants. **Journal Experimental Botany**, London, v. 53, p.
855-864, 2002.

GRAYBOSCH, R. A.; MORRIS, R. An improved SDS-PAGE
method for the analysis of wheat endosperm storage
proteins. **Journal of Cereal Science**, London, v. 11, p. 201-
212, 1990.

HAGBERG, S. A rapid method for determining alpha-
amylase activity. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 37, p. 218,
1960.

HAGBERG, S. Simplified method for determining alpha-
amylase activity. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 38, p. 202-
203, 1961.

HARPER, L. A.; SHARPE, R. R.; LANGDALE, G. W.;
GIDDENS, J. E. Nitrogen cycle in a wheat crop: soil, plant
and aerial nitrogen transport. **Agronomy Journal**, Madison,
v. 79, p. 965-973, 1987.

HEITHOLT, J. J.; CROY, L. I.; MANESS, N. O.; NGUYEN, H.
T. Nitrogen partitioning in genotypes of winter wheat differing
in grain N concentration. **Field Crops Research**,
Amsterdam, v. 23, p. 133-144, 1990.

HUEBNER, F. R.; BIETZ, J. A. Quantitative variation among
gliadins of wheats grown in different environments. **Cereal
Chemistry**, St. Paul, v. 65, n. 4, p. 362-366, 1988.

HUEBNER, F. R.; GAINES, C. S. Relation between wheat
kernel hardness, environment, and gliadin composition.
Cereal Chemistry, St. Paul, v. 69, n. 2, p. 148-151, 1992.

JACOBSEN, J. V.; CLOSE, T. J. Control of transient
expression of chimaeric genes by gibberellic acid and
abscisic acid in protoplast prepared from mature barley
aleurone layers. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 16,
p. 713-724, 1991.

JIA, Y. Q.; FABRE, J. L.; AUSSÉNAC, T. Effects of growing
location on response of protein polymerisation to increased
nitrogen fertilisation for the common wheat cultivar Soissons:
relationship with some aspects of the breadmaking quality.
Cereal Chemistry, St. Paul, v. 73, p. 526-532, 1996a.

JIA, Y. Q.; MASBOU, V.; AUSSÉNAC, T.; FABRE, J. L.;
DEBAEKE, P. Effects of nitrogen fertilisation and maturation
conditions on protein aggregates on the breadmaking quality

of Soissons, a common wheat cultivar. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 73, p. 123-130, 1996b.

JIANG, D.; YUE, H.; WOLLENWEBER, B.; TAN, W.; MU, H.; BO, Y.; DAI, T.; JING, Q.; CAO, W. Effects of post-anthesis drought and waterlogging on accumulation of high-molecular-weight glutenin subunits and glutenin macropolymers content in wheat grain. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Madison, v. 195, p. 89-97, 2009.

JOHNSON, V. A.; MATTERN, P. J.; SCHMIDT, J. W. Nitrogen relations during spring growth in varieties of *Triticum aestivum* L. differing in grain protein content. **Crop Science**, Madison, v. 7, p. 664-667, 1967.

KADE, M.; BARNIEX, A. J.; OLMOS, S.; DUBCOVSKY, J. Nitrogen uptake and remobilization in tetraploid langdon durum wheat and a recombinant substitution line with the high grain protein gene *Gpc-B1*. **Plant Breeding**, Berlin, v. 124, p. 343-349, 2005.

KARSSSEN, C. M. Hormonal regulation of seed development, dormancy, and germination studied by genetic control. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 333-350.

KENT, N. L. **Technology of cereals on introduction for students of food science and agriculture**. 3. ed. Oxford: Pergamon Press, 1983. 221 p.

KERMODE, A. R. Regulatory mechanisms in the transition from seed development to germination: interactions between the embryo and the seed environment. In: KIGEL,

J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 273-332.

KETTLEWEL, P. S.; COOPER, J. M. Field studies on alfa-amylase activity of wheat grain in the absence of sprouting: relationship with grain drying rate and with nitrogen fertilizer application. In: WALKER-SIMMONS, M. K.; RIED, J. L. (Ed.). **Pre-harvest sprouting in cereal**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1993. p. 354-361.

KIBITE, S.; EVANS, L. E. Causes of the negative correlation between grain yield and grain protein concentration in common wheat. **Euphytica**, Wageningen, v. 33, p. 801-810, 1984.

KING, R. W. Absciscic acid in developing wheat grain and its relationship to grain growth and maturation. **Planta**, New York, v. 132, p. 43-51, 1976.

KING, R. W.; CHADIN, H. Ear wetting and pre-harvest sprouting of wheat. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRE-HARVEST SPROUTING IN CEREALS, 3., 1983, Boulder, CO, USA. **Proceedings...** Boulder: Westview-Press, 1983. p. 36-42.

KIRKMAN, M. A.; SHEWRY, P. R.; MIFLIN, B. J. The effect of nitrogen nutrition on the lysine content and protein composition of barley seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 33, p. 115-127, 1982.

KRAMER, T. Environmental and genetic variation for protein content in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 28, p. 209-218, 1979.

KUCERA, B.; COHN, M. A.; LEUBNER-METZGER, G. Plant hormone interaction during seed dormancy release and germination. **Seed Science Research**, Oxon, v. 15, p. 281-307, 2005.

LADO, P.; RASI-CCALDOGNO, F.; COLOMBO, R. Promoting effect of usicoccin on seed germination. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 31, p. 149-152, 1974.

LAWLOR, D. W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal Experimental Botany**, London, v. 53, p. 789-799, 2002.

LÖFFLER, C. M.; BUSCH, R. H. Selection for grain protein, grain yield, and nitrogen partitioning efficiency in hard red spring wheat. **Crop Science**, Madison, v. 22, p. 591-595, 1982.

LÖFFLER, C. M.; RAUCH, T. L.; BUSCH, R. H. Grain and plant protein relationships in hard red spring wheat. **Crop Science**, Madison, v. 25, p. 521-524, 1985.

LUKOW, O. M.; McVETTY, P. B. E. Effect of cultivar and environment on quality characteristics of spring wheat. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 68, n. 6, p. 597-601, 1991.

LUO, C.; BRANLARD, G.; GRIFFIN, W. B.; MCNEIL, D. L. The effect of nitrogen and sulfur fertilization and their interaction with genotype on wheat glutenins and quality parameters. **Journal of Cereal Science**, London, v. 31. p. 185-194, 2000.

MARES, D. J.; GALE, M. D. Control of alpha-amylase synthesis in weath grain. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRE-HARVEST SPROUTING IN CEREALS, 5., 1990, Boulder, CO, USA. **Proceedings...** Boulder: Westvie Press, 1990. p. 183-194.

MARES, D. J.; MRVA, K. Late maturity alpha-amylase in wheat. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRE-HARVEST SPROUTING IN CEREALS, 6., 1992, Coeur d'Alene, Idaho, USA. **Pre-harvest sprouting in cereals 1992**. St Paul: American Association of Cereal Chemists, 1993. p. 178-184.

MARES, D.; MRVA, K. Late-maturity alpha-amylase: low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting. **Journal of Cereal Science**, London, v. 47, p. 6-17, 2008.

McGRATE, A. J.; NIELSEN, M. T.; PAULSEN, G. M.; HEYNE, E.G. Preharvest sprouting and (alfa-amylase activity in hard red and hard white winter wheat cultivars. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 58, n. 5, p. 424-428, 1981.

McGUIRE, C. F.; McNEAL, F. H. Quality response of 10 hard red spring wheat cultivars to 25 environments. **Crop Science**, Madison, v. 14, p. 175-178, 1974.

McNEAL, F. H.; BERG, M. A.; BROWN, P. L.; McGUIRE, C. F. Productivity and quality response of five spring wheat genotypes, *Triticum aestivum*, L., to nitrogen fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, p. 908-910, 1971.

McNEAL, F. H.; BERG, M. A.; McGUIRE, C. F. Grain and planta relationships in eight spring wheat crosses, *Triticum*

aestivum, L. **Crop Science**, Madison, v. 12, p. 599-601, 1972.

McNEAL, F. H.; McGUIRE, C. F.; BERG, M. A. Recurrent selection for grain protein content in spring wheat. **Crop Science**, Madison, v. 18, p. 779-782, 1978.

METAKOVSKY, E. V.; ANNICCHIARICO, P.; BOGGINI, G.; POGNA, N. E. Relationship between gliadin alleles and dough strength in Italian bread wheat cultivars. **Journal of Cereal Science**, London, v. 25, p. 229-236, 1997.

MIEZAN, K.; HEYNE, E. G.; FINNEY, K. F. Genetic and environmental effects on the grain protein content in wheat. **Crop Science**, Madison, v. 17, p. 591-593, 1977.

MIGUEZ, F.; SIQUIER, A. M.; CAYOL, M.; DOMINGUEZ, M.; MARTINEZ, H. M.; ROGER, A. F.; FIRPO, L.; LAFUENTE, M.; LUZURIAGA, L.; MARIANI, F.; MAYER, F.; NEGRI, R.; VAGO, M.; ZAPIOLA, A. Efecto de la fertilización nitrogenada tardía sobre el contenido de proteínas en grano de trigo. **Revista de Ciencias Agraria y Tecnología de los Alimentos**, Buenos Aires, v. 15, p. 4-8, 1997.

MILLET, E.; ZACCAI, M.; FELDMAN, M. Paternal and maternal effects on grain wheat and protein percentages in crosses between hexaploid and tetraploid high protein and low protein wheat genotypes. **Genome**, Ottawa, v. 35, p. 257-260, 1992.

MONAGHAN, J. M.; SNAPE, J. W.; CHOJECKI, A. J. S.; KETTLEWELL, P. S. The use of grain protein deviation for identifying wheat cultivars with high grain protein concentration and yield. **Euphytica**, Wageningen, v. 122, p. 309-317, 2001.

MORRIS, C. F.; ANDERBERG, R. J.; GOLDMARK, P. J.; WALKER-SIMMONS, M. K. Molecular cloning and expression of abscisic acid-responsive genes in embryos of dormant wheat seeds. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 95, p. 814-821, 1991.

MOSS, H. J. ; WRIGLEY, C.W.; MacRITCHIE, F.; RANDALL, P.J. Sulphur and nitrogen fertilizer effects on wheat. III- Influence on grain quality. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.32, p.213-226, 1981.

MOU, B.; KRONSTAD, W. E.; SAULESCU, N. N. Grain filling parameters and protein content in selected winter wheat populations: II. Associations. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 838-841, 1994.

NERSON, H.; SIBONY, M.; PINTHUS, J. M. A scale for the assessment of the developmental stage of the wheat spike. **Annals of Botany**, London, v. 45, p. 203-204, 1980.

NICHOLLS, P. B. Induction of sensitivity to gibberellic acid in developing wheat caryopses: effect of rate of disiccation. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 6, p. 229-240, 1979.

NISHIKAWA, K.; WATANABE, Y. Change in activity of alpha-amylase in developing and germinating wheat seed. In: INTERNATIONAL WHEAT GENETICS SYMPOSIUM, 7., 1988, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge: Institute of Plant Science Research, 1988. p. 597-602.

NODA, K.; KAWABATA, C.; KAWAKAMI, N. Response of wheat grain to ABA and imbibition at low temperature. **Plant**

Breeding, Berlin, v. 113, p. 53-57, 1994.

PAYNE, P. I. Varietal improvement in the bread-making quality of wheat contributions from biochemistry and genetics, and future prospects from molecular biology. In: DAY, P. (Ed.). **Biotechnology and crop improvement and protection**. Cambridge: British Crop Protection Council, 1986. p. 69-81. (BCPC Monograph n. 34).

PAYNE, P. I.; NIGHTINGALE, N. A.; KRATTINGER, A. F.; HOLT, L. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v. 40, p. 51-65, 1987.

PERRY, M. W.; D'ANTUONO, M. F. Yield improvement and associated characteristics of some Australian spring wheat cultivars introduced between 1860 and 1982. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 40, p. 457-472, 1989.

PERTEN, H. Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase activity. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 41, p. 127-140, 1964.

POMERANZ, Y.; WILLIAMS, P. C. Wheat hardness: its genetic, structural, and biochemical background, measurement and significance. **Advances in Cereal Science and Technology**, St. Paul, v. 10, p. 471-544, 1990.

POPINEAU, Y.; CORNEC, M.; LEFEBVRE, J.; MARCHYLO, B. Influence of high Mr glutenin subunits on glutenin polymers and rheological properties of glutens and gluten

subfraction of near-isogenic lines of wheat Sicco. **Journal of Cereal Science**, London, v. 19, p. 231-241, 1994.

PRESTON, K. R.; KILBORN, R. H.; MORGAN, B. C.; BABB, J. C. Effects of frost and immaturity on the quality of a Canadian hard red spring wheat. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 68, n. 2, p. 133-138, 1991.

RAHMAN, S.; KREIS, M.; FORDE, B. G.; SHEWRY, P. R.; MIFLIN, B. J. Hordein-gene expression during development of the barley endosperm. **Biochemistry Journal**, Ottawa, v. 223, p. 315-322, 1984.

RAO, A. C. S.; SMITH, J. L.; JANDHYALA, V. K.; PAPENDICK, R. I.; PARR, J. F. Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 1023-1028, 1993.

RAO, S. C. Regional environment and cultivar effects on the quality of wheat straw. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 939-943, 1989.

RAWSON, H. M.; EVANS, L. T. The pattern of grain growth within the ear of wheat. **Australian Journal of Biological Sciences**, Victoria, v. 23, p. 753-764, 1970.

REDDY, L. V.; METZGER, R. J.; CHING, T. M. Effect of temperature on seed dormancy of wheat. **Crop Science**, Madison, v. 25, p. 455-458, 1985.

RODRIGUES, O. **Ecofisiologia para manutenção da qualidade do trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. Não paginado. (Embrapa Trigo. Projeto Manejo para manu-

tenção da qualidade do trigo visando os diversos usos.
Subprojeto 04.1999.368.01. Relatório Final.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; ADIERS, R. C.;
MINUSSI, I. C. P. Atividade da redutase do nitrato em trigo. II.
Efeito da temperatura ambiente. In: REUNIÃO NACIONAL
DE PESQUISA DE TRIGO, 17., 1994, Passo Fundo. **Resu-
mos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p. 47.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; GOUVEA, J. A. A.; SOARES,
R. de C. Nitrogen tranlocation in wheat inoculated with
Azospirillum and fertilized with nitrogen. **Pesquisa Agropecuária
Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1473-1481, 2000.

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J. C. B.; DIDONET, A. D.;
MARCHESE, J. A. Fifty years of wheat breeding in Southern
Brazil: yield improvement and associated changes. **Pesqui-
sa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 6, p.
817-825, 2007.

SAVIN, R.; SLAFER, G. A. Shading effects on the yield of an
Argentina wheat cultivar. **Journal of Agricultural Science**,
Cambridge, v. 116, p. 1-7, 1991.

SCHILLER, G. W. Bakery flour specifications. **Cereal
Foods World**, St. Paul, v. 28, p. 647-651, 1984.

SCHOFIELD, J. D. Wheat protein: structure and functionality
in milling and breadmaking. In: BUSHUK, W.; RASPER, V. F.
(Ed.). **Wheat production, properties and quality**. London:
Chapman & Hall, 1994. p. 73-106.

SCHROPP, P.; WIESER, H. Effects of high molecuclar
weight subunits of glutenin on the rheological properties of

wheat gluten. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 73, n. 3, p. 410-413, 1996.

SEO, M.; KOSHIBA, T. Complex regulation of ABA biosynthesis in plantas. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 7, p. 41-48, 2002.

SHEWRY, P. R. Cereal seed storage protein. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 45-72.

SHEWRY, P. R.; TATHAM, A. S. Disulphide bonds in wheat gluten proteins. **Journal of Cereal Science**, London, v. 25, p. 207-227, 1997.

SHOMER, I.; LOOKHART, G. L.; VASILIVER, R.; BEAN, S. Ultrastructure of consecutively extracted and flocculated gliadins and glutenins. **Journal of Cereal Science**, London, v. 27, p. 27-36, 1998.

SIMMONDS, D. H. Chemical basis of hardness and vitreosity in the wheat kernel. **Baker's Digest**, Beloit, v. 63, p. 16-129, 1974.

SLAFER, G. A.; ANDRADE, F. H. Genetic improvement in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) yield in Argentina. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 21, p. 289-296, 1989.

SMIKA, D. E.; GREB, B. W. Protein content of winter wheat grain as related to soil and climatic factors in the semiarid central great plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, p. 433-436, 1973.

STEVENSON, S. G.; PRESTON, K. R. Flow field-flow fractionation of wheat proteins. **Journal of Cereal Science**, London, v. 23, p. 121-131, 1996.

STONE, P. J.; GRAS, P. W.; NICOLAS, M. E. The influence of recovery temperature on the effects of a brief heat shock on wheat. II. Grain protein composition and dough properties. **Journal of Cereal Science**, London, v. 25, p. 129-141, 1997.

STONE, P. J.; NICOLAS, M. E. Comparison of sudden heat stress with gradual exposure to high temperature during grain filling in two wheat varieties differing in heat tolerance. I. Grain growth. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 22, p. 935-944, 1995a.

STONE, P. J.; NICOLAS, M. E. Effect of timing of heat stress during grain filling on two wheat varieties differing in heat tolerance. I. Grain growth. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 22, p. 927-934, 1995b.

STONE, P. J.; NICOLAS, M. E. Effect of timing of heat stress during grain filling on two wheat varieties differing in heat tolerance. II. Fractional protein accumulation. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 23, p. 739-749, 1996a.

STONE, P. J.; NICOLAS, M. E. Varietal differences in mature protein composition of wheat resulted from different rates of polymer accumulation during grain filling. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 23, p. 727-737, 1996b.

STONE, P. J.; NICOLAS, M. E.; WARDLAW, I. F. The influence of recovery temperature on the effects of a brief heat shock on wheat. II. Fractional protein accumulation during grain growth. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 23, p. 605-616, 1995.

STRAND, E. Studies on seed dormancy in small grain species. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 3, p. 85-99, 1989.

SUTTON, K. H.; HAY, R. L.; MOUAT, C. H.; GRIFFIN, W. B. The influence of environment, milling and blending on assessment of the potential breadbaking quality of wheat by RP-HPLC of glutenin subunits. **Journal of Cereal Science**, London, v. 12, p. 145-153, 1990.

TERMAN, G. L. Yields and protein content of wheat grain as affected by cultivar, N, and environmental growth factors. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, p. 437-440, 1979.

TIPPLES, K. H.; PRESTON, K. R.; KILBORN, R. H. Implications of the term "strength" as related to wheat and flour quality. **Baker's Digest**, Beloit, p. 16-20, 1982.

TRIBOI, E.; TRIBOI-BLONDEL, A. M. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem. **European Journal Agronomy**, Amsterdam, v. 16, p. 163-186, 2002.

TURNER, A. S.; BRADBURN, R. P.; FISH, L.; SNAPE, J. W. New quantitative trait loci influencing grain texture and protein content in bread wheat. **Journal of Cereal Science**, London, v. 40, p. 51-60, 2004.

UHART, S. A. Trigo pan. In: AGUIRREZÁBAL, L. A. N.; ANDRADE, F. H. (Coord.). **Calidad de productos agrícolas**: bases ecofisiológicas, genéticas y de manejo agronómico. Balcarce: INTA, 1998. p. 28-70.

VIERSTRA, R. D. Proteolysis in plants: mechanisms e function. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 32, p. 275-302, 1996.

WALKER-SIMMONS, M. ABA levels and sensitivity in developing wheat embryos of sprouting resistant and susceptible cultivar. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 84, p. 61-66, 1987.

WALKER-SIMMONS, M. Enhancement of ABA sensitivity in wheat embryos by high temperature. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 11, p. 769-775, 1988.

WARDLAW, I. F.; MONCUR, L. The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of kernel filling. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 22, p. 391-397, 1995.

WRIGLEY, C. W.; DU CROS, D. L.; ARCHER, M. J.; DOWNIE, P. G.; ROXBURG, C. M. The sulfur content of wheat endosperm proteins and its relevance to grain quality. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 7, p. 55-766, 1980.

YUE, H.; JIANG, D.; DAI, T.; QIN, X.; JING, Q.; CAO, W. Effect of nitrogen application rate on content of glutenin macropolymer and high molecular weight glutenin subunits in grains of two winter wheat cultivars. **Journal of Cereal Science**, London, v. 45, p. 248-256, 2007.