

# EFEITO DE NÍVEIS DE FÓSFORO E ALUMÍNIO SOBRE ESTRUTURAS VEGETATIVAS DO SISTEMA AÉREO DE TRIGO<sup>1</sup>

ANA CHRISTINA ALBUQUERQUE ZANATTA<sup>2</sup> e CLÁUDIO MÁRIO MUNDSTOCK<sup>3</sup>

**RESUMO** - Duas cultivares de trigo, CNT 10 e PAT 7392, foram semeadas sob duas concentrações de fósforo (40 e 160 ppm  $P_2O_5$ ) e quatro níveis de calcário (0, 1/4, 1/2 e 1 SMP). As plantas foram mantidas em casa de vegetação até a alongação e transferidas para câmara de crescimento até o estágio de grão em massa. Na maturação, foram avaliados caracteres do sistema aéreo da planta-mãe, observando-se que mostraram respostas diferentes às alterações edáficas impostas: CNT 10 caracterizou uma cultivar tolerante ao alumínio, mais eficiente no aproveitamento de baixos teores de fósforo no solo, mas não-responsiva ao nutriente; PAT 7392 mostrou ser menos tolerante ao alumínio, menos eficiente mas mais responsiva ao fósforo.

Termos para indexação: *Triticum aestivum*, cultivar, fenologia, calcário.

## EFFECT OF PHOSPHORUS AND ALUMINUM LEVELS ON SHOOT SYSTEM VEGETATIVE STRUCTURES OF WHEAT

**ABSTRACT** - Two wheat varieties (CNT 10 and PAT 7392) were grown under two phosphorus levels (40 and 60 ppm  $P_2O_5$ ) and four lime levels (0, 1/4, 1/2 and 1 SMP). Plants were grown in greenhouse until elongation and then transferred to fitotron until mealy ripe grains. Shoot system structures were evaluated in the main tiller of each plant. The varieties showed different responses to soil modifications: CNT 10 characterized an Al tolerant variety less responsive to phosphorus application than PAT 7392 but that efficiently uses low-P concentrations; PAT 7392 characterized a less Al-tolerant variety more responsive to phosphorus application than CNT 10 but that less efficiently uses low-P concentrations.

Index terms: *Triticum aestivum*, variety, phenology, liming.

## INTRODUÇÃO

O P absorvido pelas plantas permanece no estado oxidado e ocorre tanto na forma orgânica como na inorgânica (um a dois terços do total), atuando diretamente no metabolismo vegetal como fonte de energia.

No tecido normal, o fosfato inorgânico encontra-se sob a forma de um componente me-

tabólico (12%) e de outro não-metabólico (88%). Já em tecidos deficientes em P, a maioria do fosfato inorgânico (90%) encontra-se armazenado no citoplasma como componente metabólico, o qual não pode ser utilizado no desenvolvimento da planta (Bielecky 1973).

Quando a quantidade de P absorvido é relacionada com o tempo de desenvolvimento da planta, obtém-se uma típica curva sigmóide. Nesta, observa-se que a taxa máxima de absorção é alcançada antes de a planta atingi-la em termos de desenvolvimento. Por exemplo, quando absorvido 50% do total de P, é detectada a ocorrência de apenas 20% do desenvolvimento do vegetal (Dean & Fried 1953), ou o acúmulo de 25% da matéria seca total (Black 1968).

Em cevada, o comprimento dos entrenós é significativamente afetado pelo P, e as cultiva-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 24 de janeiro de 1991.

Extraído do trabalho apresentado pela autora para atender às exigências do grau de Mestre em Agronomia, área de concentração Fitot., Fac. de Agron. da Univ. Fed. do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS.

<sup>2</sup> Enga. - Agra., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPQ), Caixa Postal 569, CEP 99001 Passo Fundo, RS.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Ph.D., Prof. - Tit. UFRGS/Dep. de Fitot., Fac. Agron. CEP 99001 Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

res testadas por Nittler & Jensen (1974) diferiram marcadamente neste caráter, especialmente em relação ao primeiro e segundo. As cultivares diferiram, de forma acentuada, também quanto ao número de perfilhos por planta, mas não quanto ao diâmetro do colmo principal.

A idéia prevalente é de que, se não todo, pelo menos a maior parte do P absorvido pelas plantas estaria na solução sob a forma de ortofosfato inorgânico. Mas, muitos solos no mundo são deficientes no elemento, em grande parte por sua baixa solubilidade (Bielecky 1973). Todavia, a quantidade de P na solução do solo não é tão importante quanto a taxa em que este será dissolvido.

O pH influencia a disponibilidade do P para as plantas de diversas formas. Alguns dos efeitos, resultaram de processos químicos e biológicos que ocorrem no solo na ausência de plantas, os quais afetariam o surgimento de P lábil e a concentração do elemento na solução do solo, e outros envolvendo o comportamento das próprias plantas. Em solos ácidos, com variável disponibilidade de P, a absorção de P seria maior nos estádios iniciais, mais especificamente na pós-emergência (30 dias de desenvolvimento), declinando nas fases sucessivas. Esta redução poderia ser atribuída ao decréscimo no desenvolvimento vegetativo, havendo menor taxa fotossintética e formação de carboidratos nos estádios iniciais em comparação com a rápida absorção de nutrientes (Kaistha et al. 1977).

O efeito do pH, envolvendo tanto o solo como as plantas, diz respeito também à relação entre a toxidez do Al e a nutrição de P. Existem evidências de que excesso de Al na solução de solos extremamente ácidos induz à deficiência de P nas plantas.

A toxidez do Al é particularmente séria em subsolos extremamente ácidos, difíceis de serem calcariados; uma vez que as raízes se mantêm mais superficiais, diminui, por exemplo, a tolerância da planta à seca, proporcionando, também, o uso ineficiente dos nutrientes contidos no subsolo (Foy 1976). Observações realizadas em trigo sugerem que as raf-

zes afetadas pelo Al não extrairiam tanta água quanto as sadias.

A calagem é considerada uma prática agrícola fundamental para solos ácidos, na medida em que possibilita muitas vantagens diretas e indiretas que se refletem sobre o rendimento das culturas. A incorporação de calcário e a eliminação de níveis tóxicos de saturação de Al reflete-se sobre o crescimento radicular (Gonzalez et al. 1976) e da parte aérea (Mugwira et al. 1981).

Ao avaliar dois genótipos de trigo frente à calagem, Svoboda (1976) constatou que aos maiores valores de peso seco das raízes correspondeu também um maior número de colmos. Desse modo, como resultado da toxidez do Al, a planta de trigo mostra também redução ou ausência de perfilhamento, coloração purpúrea nas folhas inferiores seguida de severa necrose e, finalmente, redução no desenvolvimento geral da planta (Neenan 1960). Além do que, as folhas superiores, quando sob efeito do elemento, mostram-se verde-pálido, com os sintomas evoluindo até pontuações necróticas que coalescem do ápice para a base (Cruz 1966).

Com o objetivo de avaliar o efeito da interação entre duas cultivares de trigo e soja com diferente composição química, foi realizado este trabalho, onde se procurou determinar como as alterações no nível de Al e P no solo afetariam estruturas vegetativas do sistema aéreo do material em estudo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho é essencialmente a mesma descrita por Zanatta & Mundstock (1988). Foram ensaiadas as cultivares de trigo PAT 7392 e CNT 10, semeadas em vasos contendo solo Passo Fundo - naturalmente ácido com elevado teor de Al trocável, o qual foi submetido a quatro níveis de calagem (0, 1/4, 1/2 e 1 SMP) e duas concentrações de P (40 e 160 ppm de  $P_2O_5$ ). Os tratamentos (calcário, P e cultivares) foram arranjadas em fatorial  $4 \times 2 \times 2$ , com quatro repetições e seguindo um delineamento experimental completamente casualizado.

As determinações de parte aérea foram efetuadas sobre a planta-mãe da planta reservada para observações fenológicas em cada vaso. As folhas e colmos foram mantidos em câmara seca (10-15°C e 25-30% UR), e para a obtenção dos valores de peso seco permaneceram a 55°C durante cinco dias.

O peso seco das folhas foi obtido a partir da lâmina e da porção da bainha possível de ser destacada em um rápido movimento em direção ao nó. O colmo principal foi seccionado a 3 cm abaixo do nó superior (o primeiro a partir da espiga) para determinação do diâmetro, sendo que as medidas foram obtidas com o uso de um calibre confeccionado para tal. Neste, cada orifício onde é introduzida a porção de colmo corresponde a um valor, com aproximação de uma casa decimal. Para a obtenção da estatura da planta-mãe, foram somados os comprimentos da espiga (afora as aristas), pedúnculo e demais entrenós até o basal, com a medida do pedúnculo efetuada desde a metade do último nó até a base da espiga. A contagem do número de perfilhos da planta observada para avaliações fenológicas foi realizada pouco antes da colheita do material, considerando, inclusive, os perfilhos mortos.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e analisados pelo teste F a 1% e 5% e pelo teste de Duncan a 5%. Embora nas figuras apresentadas no corpo deste trabalho não estejam indicados os resultados da análise estatística, eles são descritos no item Resultados.

## RESULTADOS

Os caracteres enfocados neste trabalho foram afetados pelos tratamentos ensaiados (cultivares, adubação fosfatada e calagem).

### Peso da palha da parte aérea

O peso da palha da parte aérea das duas cultivares foi afetado pela interação entre os fatores estudados (cultivares, doses de P e níveis de calcário). Na Fig. 1, observa-se que, com 40 ppm de  $P_2O_5$ , CNT 10 foi superior a PAT 7392 em relação a este caráter em todos os níveis de calcário, à exceção do maior (1 SMP), quando ambas as cultivares tiveram o mesmo comportamento. Aumentando a concentração de  $P_2O_5$ , repetiu-se a superioridade de CNT 10 em 0 e 1/4 SMP. Mas, o incremen-

to na calagem chegou a inverter esta situação, tanto que, em 1 SMP, PAT 7392 superou o peso da palha de CNT 10.

PAT 7392 mostrou ser afetada pela maior aplicação de P unicamente dos níveis mais altos de calagem. CNT 10, no entanto, teve sempre o peso da parte aérea aumentado pela adubação fosfatada mais alta, menos em 1/2 SMP de calcário.

Em relação à calagem, percebe-se que CNT 10 só respondeu a 1/4 SMP de calcário, estabilizando-se nos demais níveis quando do emprego de 40 ppm de  $P_2O_5$ . PAT 7392, entretanto, mostrou acréscimos tanto em 1/4 como 1 SMP. Já com 160 ppm de  $P_2O_5$ , esta cultivar mostrou o peso da palha da parte aérea aumentando a cada adição de calcário, enquanto que CNT 10 só foi afetado pela dose máxima do produto.

A comparação conjunta de todos os tratamentos mostra que os maiores pesos de palha foram obtidos quando as cultivares receberam 160 ppm de  $P_2O_5$ . Já os pesos mais baixos foram registrados com 40 ppm do nutriente. No entanto, na ausência de calcário, PAT 7392 integrou este grupo, apesar de haver sido tratado com o maior teor de P. Desta comparação conjunta, extrai-se, também, que os valores de peso de palha apresentados por CNT 10 só foram classificados dentre os mais baixos quando em condições de estresse de calagem (zero SMP) e P (40 ppm de  $P_2O_5$ ) concomitantes.

### Peso seco do colmo

O peso seco do colmo principal de PAT 7392 e CNT 10 foi afetado diferentemente pela adubação fosfatada e pela calagem. Comparando as duas cultivares na Fig. 2, nota-se que 40 ppm de  $P_2O_5$  associados aos níveis extremos de calcário lhes conferiram peso seco de colmo semelhante. Mas, quando os 40 ppm de  $P_2O_5$  foram usados em 1/4 e 1/2 SMP, CNT 10 superou PAT 7392 neste caráter. Já com 160 ppm de  $P_2O_5$ , as respostas das duas cultivares se inverteram conforme o teor de calcário: na ausência de calagem e 1/4 SMP, CNT 10 teve maior peso seco de colmo

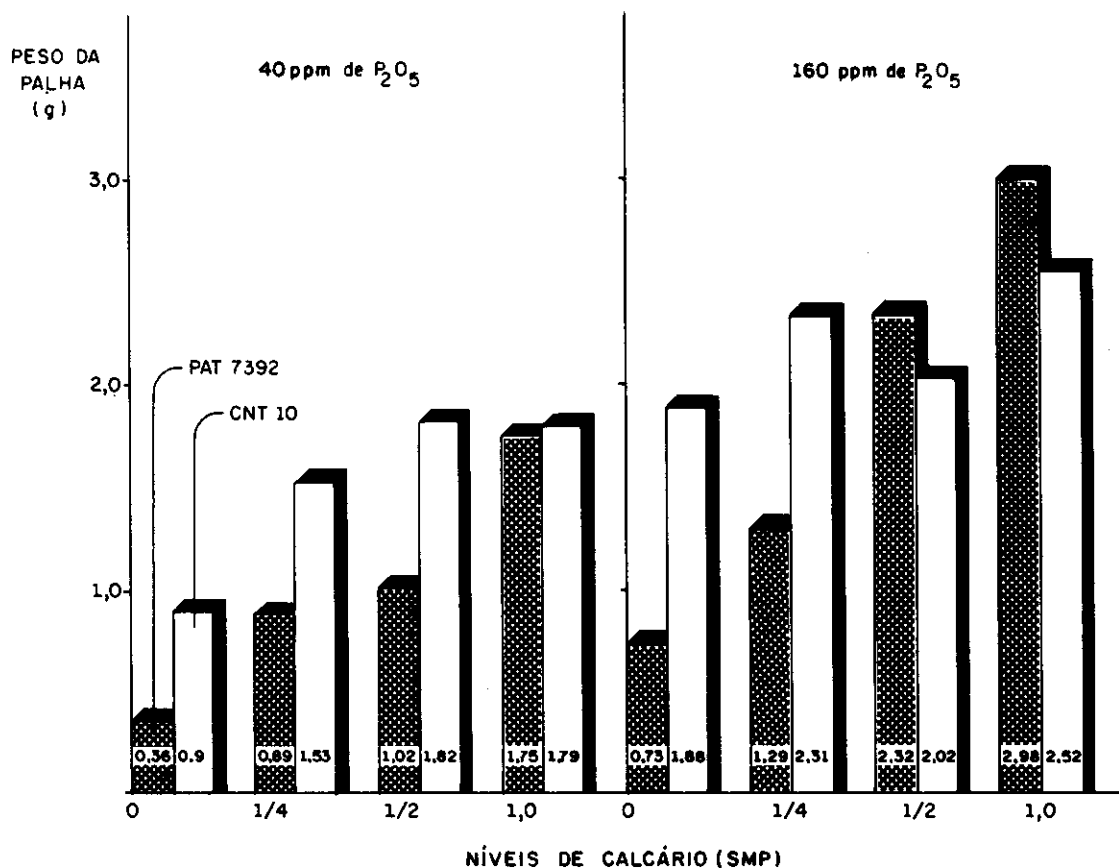


FIG. 1. Peso da palha da planta-mãe de duas cultivares de trigo submetidas a quatro níveis de calcário e duas concentrações de P, na média de quatro repetições. CNPT, Passo Fundo, RS.

que PAT 7392. Entretanto, nos níveis superiores, foi PAT 7392 que mostrou colmo principal com maior peso seco.

Comparando o efeito da adubação fosfatada em PAT 7392, percebe-se que não houve resposta ao aumento no teor de P em 0 e 1/4 SMP de calcário. Já nos níveis mais elevados, 160 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> conferiu maior peso seco de colmo. Em CNT 10, esta resposta ao maior teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> só não se fez sentir em 1/2 SMP.

Ao avaliar a ação da calagem, verifica-se que o peso seco do colmo principal de

PAT 7392 acompanhou os aumentos no calcário, independente da adubação fosfatada. Enquanto isso, a resposta de CNT 10 foi de aumento do peso seco do colmo principal com a adição de 1/4 SMP de calcário e 40 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mantendo-se estável nos demais níveis de calagem. Já com 160 ppm, doses intermediárias de calcário levaram a valores também intermediários de peso seco.

Da Fig. 2, extrai-se também que os maiores pesos de colmo foram obtidos quando as cultivares foram tratadas com 160 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

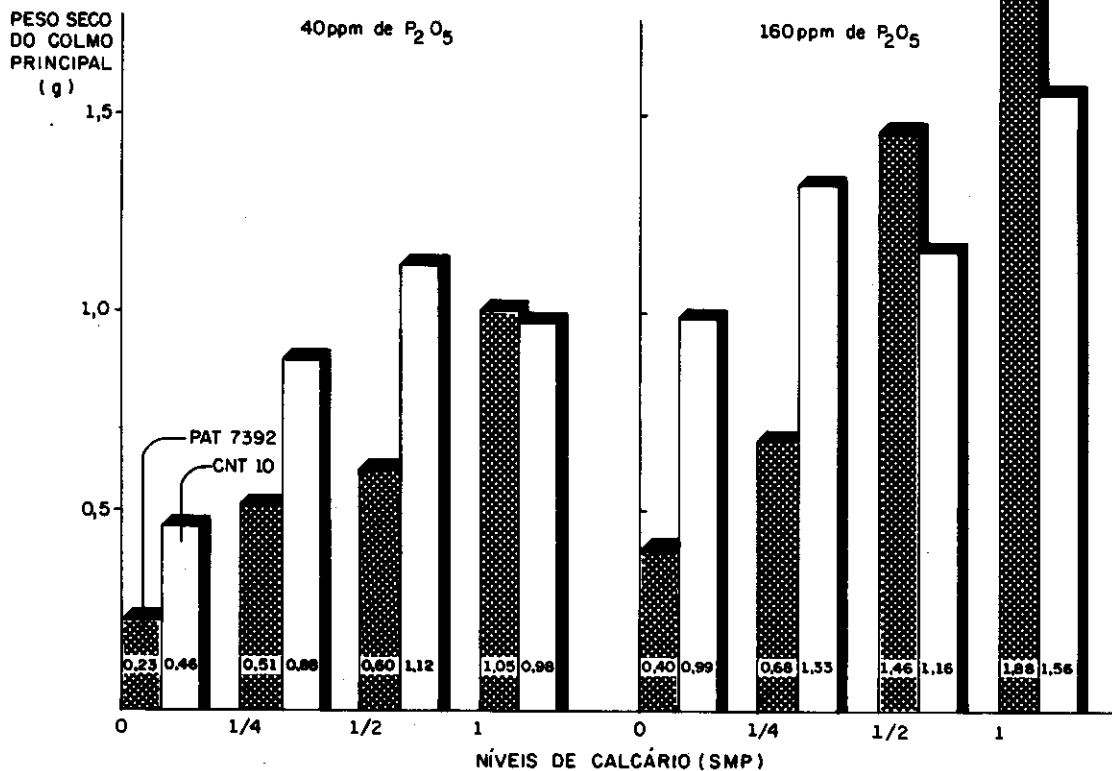


FIG. 2. Peso seco do colmo principal de duas cultivares de trigo submetidas a quatro níveis de calcário e duas concentrações de P, na média e quatro repetições. CNPT, Passo Fundo, RS.

Os menores valores foram encontrados com o uso de menor teor de P, à exceção de PAT 7392 que, na ausência de calcário, mostrou baixos valores de peso, apesar de maior adubação fosfatada. Vale acrescentar que CNT 10 só integrou este grupo quando em estresse de calagem (0 SMP) e P (40 ppm de  $P_2O_5$ ) concomitante.

#### Peso seco das folhas

No material ensaiado, o peso seco das folhas da planta-mãe foi maior com 160 ppm de  $P_2O_5$ , independentemente da cultivar e do nível de calcário utilizado. Paralelamente, cultivar e calagem interagiram no seu efeito sobre o caráter (Fig. 3). Nas doses mais elevadas de

calcário, CNT 10 e PAT 7392 não se diferenciaram. Já com 1/4 e 0 SMP, CNT 10 mostrou folhas com maior peso seco que PAT 7392.

Ao comparar níveis de calcário, percebe-se que a cada acréscimo no nível de calcário seguiram-se aumentos no peso seco das folhas das duas cultivares. A diferença entre elas foi que, em PAT 7392, a classe intermediária se diferenciou dos extremos, enquanto que, em CNT 10, houve semelhança entre os valores intermediários e o maior e menor peso seco das folhas da planta-mãe. Por outro lado, verifica-se que o peso seco das folhas alcançado por CNT 10, na ausência da calagem, foi semelhante ao obtido por PAT 7392 com 1/4 e 1/2 SMP de calcário.

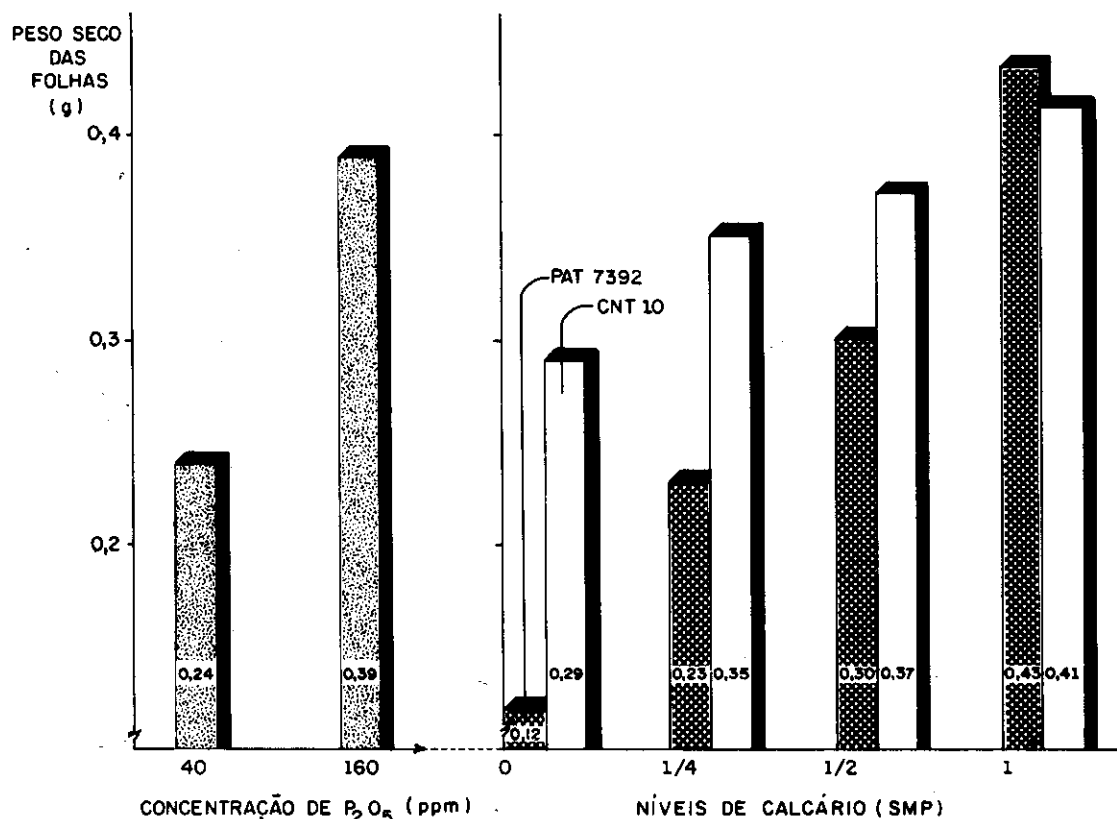


FIG. 3. Efeito de duas concentrações de P e quatro níveis de calcário sobre o peso seco das folhas da planta-mãe de trigo, na média de duas cultivares e quatro repetições. CNPT, Passo Fundo, RS.

#### Diâmetro do colmo

O diferente diâmetro do colmo principal verificado nas duas cultivares ensaiadas foi resultado da interação destes com os tratamentos adubação fosfatada e calagem. Na Fig. 4, observa-se que, com 40 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CNT 10 foi superior a PAT 7392 na ausência de calcário e no nível de 1/2 SMP. Nos demais níveis, as cultivares não se diferenciaram em relação a este caráter. Já com 160 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CNT 10 foi novamente superior a PAT 7392 na ausência de calcário e no nível 1/4 SMP. Nos teores mais elevados do produto, não houve diferença entre elas.

Nos diferentes teores de calcário, as duas cultivares mostraram respostas inversas à adubação fosfatada: enquanto PAT 7392 não foi afetado pela maior aplicação de P apenas nos

níveis mais baixos de calcário, CNT 10 teve o diâmetro do colmo principal inalterado nos mais altos.

Comparando o efeito da calagem sobre as cultivares, observa-se que, com 40 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o diâmetro do colmo principal de PAT 7392 aumentou em 1/4 SMP e novamente em 1 SMP. Já com 160 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a calagem só passou a afetar o caráter quando usado 1/2 SMP de calcário; 1 SMP, mais uma vez, proporcionou maior diâmetro de colmo a PAT 7392. Já em CNT 10, a ação da calagem foi diferente: com 40 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o uso de calcário levou a um único aumento no caráter, o qual se manifestou já com 1/4 SMP. Mas, com 160 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a calagem não afetou o diâmetro do colmo principal de CNT 10.

Da Fig. 4, extrai-se também que os maiores

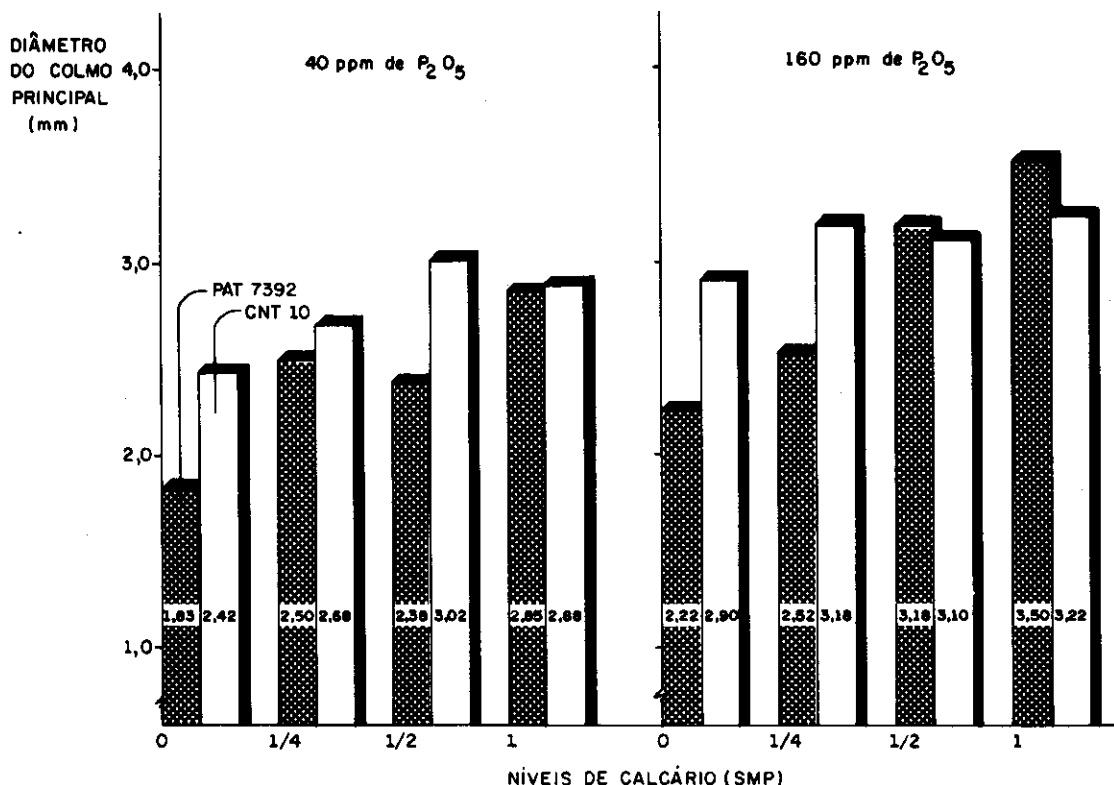


FIG. 4. Diâmetro do colmo principal de duas cultivares de trigo submetidas a quatro níveis de calcário e duas concentrações de P, na média de quatro repetições. CNPT, Passo Fundo, RS.

valores de diâmetro de colmo foram obtidos quando as cultivares receberam 160 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e os menores ocorreram com o uso de 40 ppm. Mas, quando da ausência de calcário, PAT 7392 teve colmo com pequeno diâmetro, mesmo com a maior concentração de P. Verifica-se, ainda, que CNT 10 integrou este grupo unicamente quando com baixa adubação fosfatada (40 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e ausência de calagem.

#### Estatura

A estatura da planta-mãe das cultivares ensaiadas aumentou com a maior concentração de fosfato. Já o efeito da calagem sobre o caráter diferiu de acordo com a cultivar utilizada. Comparando os dois genótipos (Fig. 5), percebe-se que CNT 10 superou PAT 7392 com 0 SMP e 1/4 SMP de calcário mas, com

1 SMP, PAT 7392 apresentou maior estatura que CNT 10. Ao mesmo tempo, percebe-se que a cada aumento em nível de calcário seguiram-se significativos acréscimos na estatura de PAT 7392, enquanto que CNT 10 mostrou o mesmo comportamento na presença de calcário, independentemente do nível, o qual foi superior ao verificado na ausência da calagem. Além disso, com 0 SMP, esta cultivar teve a mesma estatura alcançada por PAT 7392 em 1/4 SMP de calcário.

#### Comprimento do pedúnculo

O maior teor de P levou a um aumento no comprimento do pedúnculo do colmo principal das duas cultivares indistintamente. Já o efeito do calcário sobre o caráter depende da cultivar utilizada (Fig. 6): maiores níveis levaram a pedúnculo mais comprido em ambos os genó-

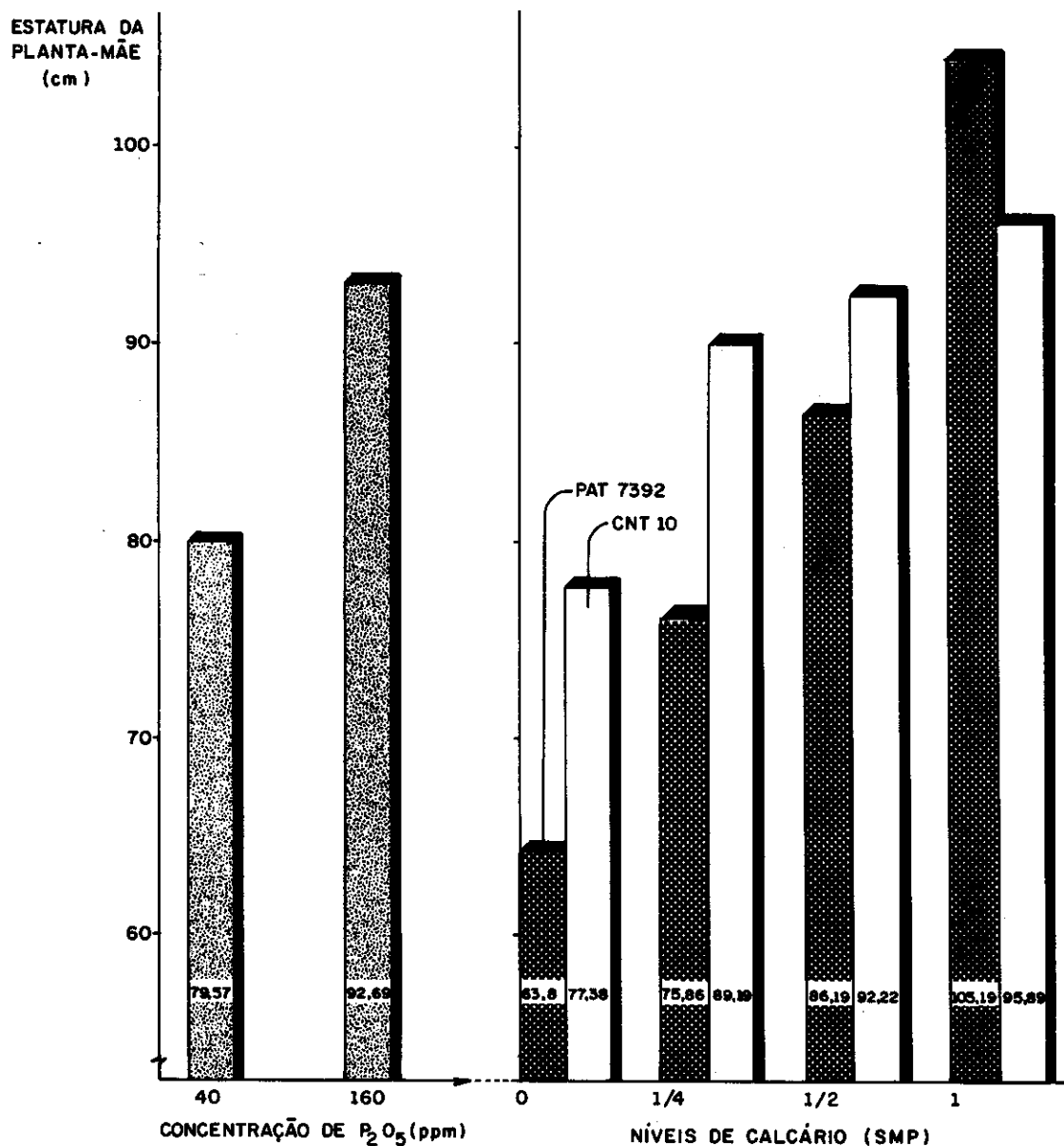


FIG. 5. Efeito de duas concentrações de P e quatro níveis de calcário sobre a estatura da planta-mãe de trigo, na média de duas cultivares e quatro repetições. CNPT, Passo Fundo, RS.

tipos. Mas, enquanto em PAT 7392 a classe intermediária foi significativamente diferente dos extremos, em CNT 10, novamente, houve semelhança entre os valores intermediários, o maior e o menor.

Comparando as duas cultivares em cada ní-

vel de calcário, tem-se que elas diferiram apenas em 0 SMP, com CNT 10 mostrando o maior valor para o caráter. Além disso, na ausência de calagem, esta cultivar apresentou o mesmo comprimento de pedúnculo observado em PAT 7392 com 1/4 SMP de calcário.



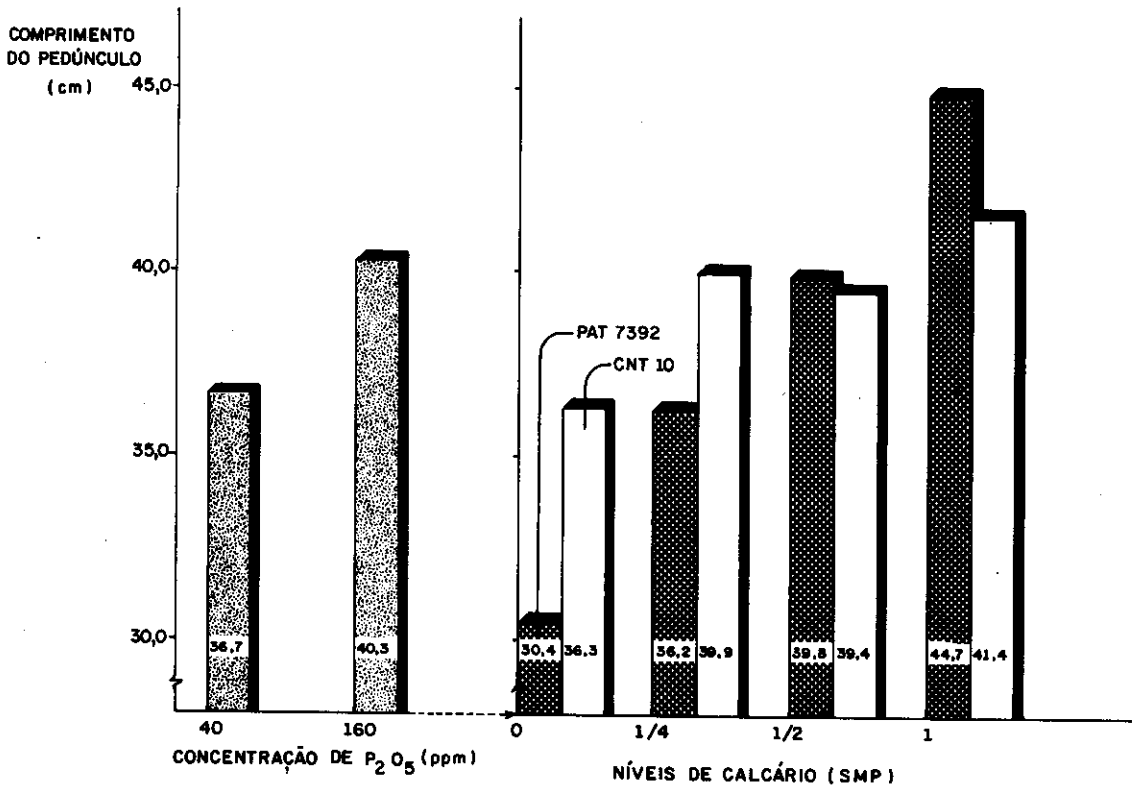


FIG. 6. Efeito de duas concentrações de P e quatro níveis de calcário sobre o comprimento do pedúnculo da planta-mãe de trigo, na média de duas cultivares e quatro repetições. CNPT, Passo Fundo, RS.

### Número de perfilhos

A emissão de perfilhos em CNT 10 e PAT 7392 foi modificada diferentemente em cada genótipo pela adubação fosfatada colocada no solo (Fig. 7). Assim, com 40 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CNT 10 aparece com maior número de perfilhos que PAT 7392, ao passo que com 160 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, as duas cultivares não se diferenciaram. Ao mesmo tempo, o maior teor de P provocou um aumento na emissão de perfilhos desta cultivar, enquanto que CNT 10 não foi afetada pelo tratamento adubação fosfatada. Inclusive, esta cultivar, quando recebeu 40 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mostrou número de perfilhos semelhante ao alcançado por PAT 7392 com a maior dose de P.

A quantidade de perfilhos foi influenciada, também, pela interação entre o P e o calcário.

Conforme evidenciado na Fig. 8, com 40 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1/2 SMP de calcário levou a um número de perfilhos superior ao alcançado na ausência da calagem, enquanto que, em 1 SMP e 1/4 SMP, obteve-se um valor intermediário, não diferente dos atingidos sem e com 1/2 SMP de calcário. Já com o teor mais elevado de P, 1 SMP mostrou ser o nível de calcário que proporcionou o maior valor para o caráter, os demais não se diferenciando entre si.

Comparando teores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na Fig. 8, percebe-se que, em ambos os genótipos, houve diferença apenas em 1 SMP de calcário, com 160 ppm permitindo a emissão de maior quantidade de perfilhos. Esta aparente contradição com o observado na Fig. 6, de que o maior teor de P importou em maior número de perfilhos apenas em PAT 7392, e independente de

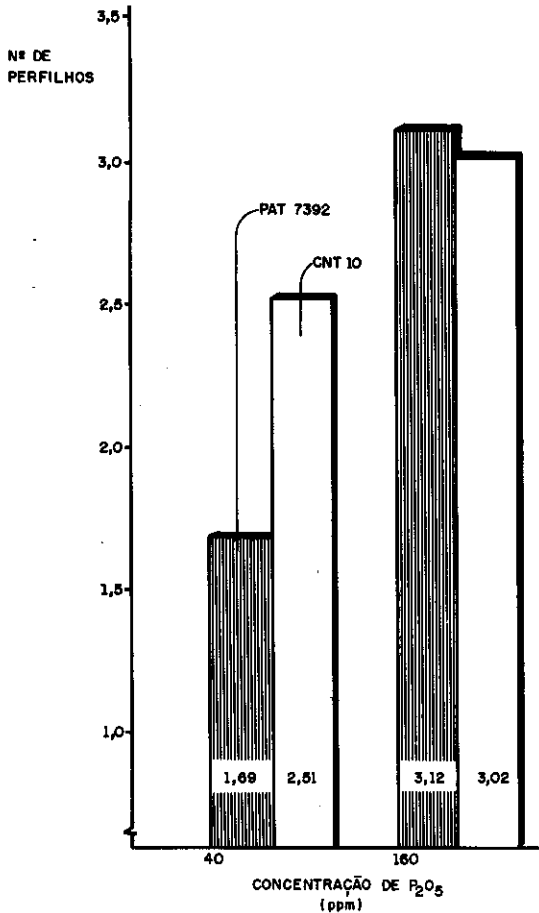


FIG. 7. Número de perfis de duas cultivares de trigo submetidas a duas concentrações de P, na média de quatro níveis de calcário e quatro repetições. CNPT, Passo Fundo, RS.

calagem, caracterizaria um caso de interação tríplice. Mas o valor calculado de F para esta interação (2,64) não atingiu a magnitude necessária para caracterizar significância estatística (maior que 2,76).

Da análise da Fig. 8, conclui-se, também, que, na ausência de calagem, 160 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> possibilitou número de perfis semelhante ao obtido pelo germoplasma em qualquer dos níveis de calcário quando empregados 40 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

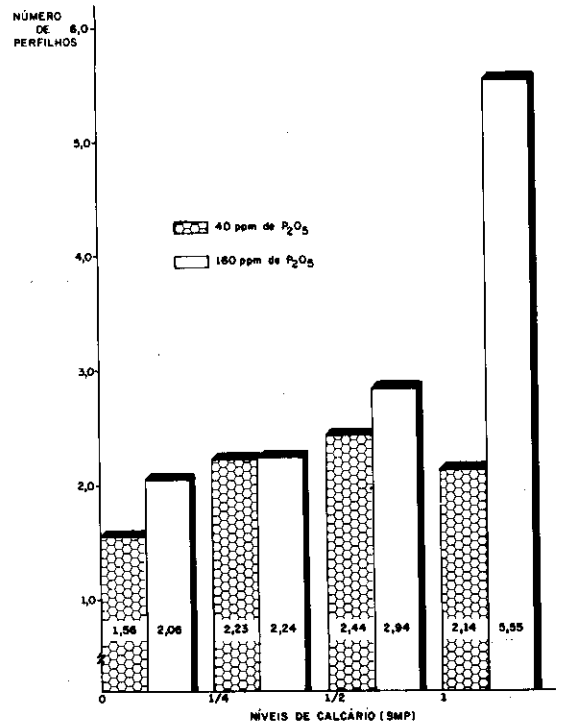


FIG. 8. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre o número de perfis em trigo, na média de duas cultivares e quatro repetições. CNPT, Passo Fundo, RS.

## DISCUSSÃO

No trigo, a partição da matéria seca na parte aérea, antes da antese, se dá entre folhas, colmo e espiga, após o que, depende da transferência das reservas de colmos e folhas (Spiertz 1980).

Os resultados deste estudo caracterizaram dois aspectos fundamentais no comportamento das cultivares ensaiadas. O primeiro deles diz respeito à distinta capacidade de PAT 7392 e CNT 10 responderem à maior adubação fosfatada aplicada na ausência de calagem. Já o segundo envolve o emprego de calcário, quando a combinação dos efeitos deste aos do P se fizeram sentir de forma mais acentuada em PAT 7392.

Esta última cultivar respondeu mais à cala-

gem, mostrando maior sensibilidade à acidez do solo, enquanto CNT10 reagiu de forma mais acentuada às aplicações de P na ausência de calcário, por aproveitá-lo em condições de acidez nociva: com grande frequência, os aumentos do nível de calcário foram seguidos de aumentos progressivos nos caracteres em PAT 7392, independentemente da dose de P; já em CNT 10, as alterações se deram fundamentalmente na passagem da ausência de calagem para o uso de 1/4 SMP, estabilizando-se a seguir. Ao mesmo tempo, o efeito do uso de calcário em CNT 10 geralmente se fez sentir só com 1/2 SMP.

Por outro lado, em algumas características ocorreu uma reversão das posições ocupadas pelas duas cultivares, com CNT 10 sendo superior na ausência de calagem ou com pequena dose de calcário, e PAT 7392 chegando a superá-lo na medida em que diminuiu o teor de Al no solo e aumentou o de P. Com níveis mais altos de calcário, foi PAT 7392 que mais respondeu à adubação fosfatada. Com baixa concentração de fosfato e baixa ou nenhuma correção do pH, esta cultivar não mostrou todo seu potencial.

Assim sendo, os dados obtidos serão discutidos abordando em primeiro lugar os aspectos observados na ausência de calcário e, a seguir, os verificados quando a calagem foi efetuada.

#### **Efeito da adubação fosfatada sobre estruturas vegetativas do sistema aéreo de dois genótipos de trigo cultivados na ausência de calcário**

De acordo com Magalhães (1979), as folhas são as principais responsáveis pela captação da energia solar e pela produção de matéria orgânica através da fotossíntese. De modo que, durante grande parte do ciclo da planta, este é o mais importante órgão; e qualquer alteração no desenvolvimento e exercício de suas funções se refletirá no desenvolvimento do vegetal com um todo. Assim sendo, o fato de que, das estruturas vegetativas, foi esta a única que respondeu à maior adubação fosfatada sugere que PAT 7392 utilizou mais efi-

cientemente os carboidratos sintetizados. Syme (1974) comparou cultivares mexicanas altamente produtivas e três australianas. Seus resultados demonstraram que o germoplasma mexicano apresentava maior número de folhas em virtude da mais rápida taxa de aparecimento das mesmas, o que mostrou estar associado com maior número de espiguetas e sob controle poligênico com moderada herdabilidade, dando uma idéia da importância da folhagem na questão da produtividade dos genótipos.

Todas as estruturas aéreas enfocadas neste estudo contribuíram para o maior peso do sistema aéreo da planta-mãe de CNT 10 observado quando aumentada a adubação fosfatada. Foram eles: grãos e palha da parte aérea, com esta última subdividida em colmo, folhas e palha da espiga.

Dentre as estruturas vegetativas, a grande importância das folhas para o desenvolvimento das plantas, bem como a diferença nas respostas dadas pelas cultivares, ficou evidente no seu comportamento em face dos tratamentos aplicados. Com adubação fosfatada aquém do recomendado, o peso destas estruturas foi relativamente maior em CNT 10, enquanto o peso seco do colmo foi semelhante nos dois materiais. Além disso, como já colocado anteriormente, apenas as folhas responderam à maior aplicação de P em PAT 7392.

O maior peso seco do colmo foi reflexo da maior estatura, comprimento do pedúnculo e diâmetro. Por outro lado, a não-alteração no peso do colmo principal de PAT 7392, quando supridas as necessidades de P, deveu-se aos menores aumentos na estatura e comprimento do pedúnculo, bem como à estabilidade no caráter diâmetro. Mas, apesar do colmo das duas cultivares não diferirem em peso quando havia deficiência de P, CNT 10 mostrou valores superiores aos de PAT 7392 para os três caracteres envolvendo o colmo principal enfocados neste trabalho. Este fato poderia ser explicado por uma maior espessura das paredes em PAT 7392, ou simplesmente pelo fato de que a diferença a favor de CNT 10 não foi tão grande a ponto de ser detectada pelo teste estatístico.

A idéia de que PAT 7392 seria mais responsiva aos fertilizantes foi reafirmada pelas alterações no número de perfilhos ocorridas quando do emprego de maior concentração de P.

A este respeito, Kirby & Faris (1972) referem-se ao perfilhamento como um mecanismo que possibilita ao vegetal explorar completamente o ambiente. Percival (1974) aponta que este caráter está ligado fundamentalmente ao aspecto nutricional, aumentando com a melhor adubação fosfatada e de forma diferenciada, de acordo com o genótipo envolvido (Nittler & Jensen 1974).

### **Combinação dos efeitos da adubação fosfatada e da calagem sobre estruturas vegetativas do sistema aéreo de duas cultivares de trigo**

O peso seco das folhas das duas cultivares aumentou sempre que foi colocada a maior dose de P, à semelhança do que ocorreu na ausência de calcário. Tal fato sugere o importante papel desempenhado pelo nutriente no desenvolvimento das mesmas. A este respeito, Verhoeven & Engelbrecht (1979) apontam que, na deficiência de P, os cloroplastos mostram-se alterados nas porções das folhas com evidência de falta do nutriente ao mesmo tempo em que estas estruturas, contribuindo com cerca de 13% da matéria seca do trigo, mostram uma produção significativamente maior com o uso de adubo fosfatado (Singh & Singh 1980).

Na medida em que a deficiência em P, Ca e Mg, mais especificamente, afetam negativamente o desenvolvimento das folhas (Malavolta et al. 1974), e que a presença de Al afeta a sua disponibilidade para a planta (Andrew et al. 1973), torna-se óbvio o papel do calcário na diferenciação e crescimento destas estruturas, bem como nas diferenças genotípicas que ocorram neste sentido. Por outro lado, estas estruturas mostraram ser bastante afetadas também pelo Al, na medida em que as cultivares ensaiadas só atingiram o máximo em peso seco de folhas na ausência completa do ele-

mento no solo. Em decorrência, mais uma vez CNT 10 mostrou comportamento superior ao de PAT 7392, reiterando a idéia de seu melhor desempenho em solo com acidez nociva.

O peso seco do colmo principal das duas cultivares foi reflexo das modificações ocorridas no diâmetro e comprimento do pedúnculo, bem como na estatura da planta-mãe. Mas, as variações ocorridas no peso foram maiores que as verificadas no diâmetro do mesmo, sugerindo não ser este, isoladamente, o determinante da quantidade de matéria seca da estrutura. Já em relação à estatura da planta-mãe, a maior quantidade de P promoveu um aumento nos valores obtidos para os dois materiais, conforme já observado na ausência de calagem. De sorte que este, então, é um nutriente que age sobre o caráter, independente da cultivar e da calagem. Nos trabalhos efetuados por Nittler & Jensen (1974), em cevada, os autores encontraram o P afetando significativamente o comprimento dos entrenós, em especial o primeiro e o segundo, determinantes de até mais de 60% da variação da estatura em trigo (Gomes 1978, Scheeren et al. 1981). Ao mesmo tempo, à semelhança do verificado no presente estudo, Nittler & Jensen (1974) não observaram diferenças acentuadas entre os genótipos em relação ao diâmetro do colmo principal.

A maior capacidade de CNT 10 desenvolver-se em presença de Al tóxico, e também a variação no tipo de comportamento dos dois genótipos, conforme a condição edáfica ser mais ou menos favorável, ficaram demonstradas pelas respostas dadas à calagem. Observou-se, por exemplo, que, à medida que foi corrigida a acidez do solo, desapareceu a superioridade de CNT 10 sobre PAT 7392, até que, quando empregada toda a recomendação para calagem, as posições se invertem.

Refletindo a estreita associação entre o comprimento do pedúnculo e a estatura, caracterizada na literatura sobre o assunto (Powell & Schlehner 1967), o efeito do P e da calagem sobre o comprimento do pedúnculo do colmo principal foi semelhante ao observado para a estatura dos dois genótipos neste trabalho.

Desde que em seu trabalho com trigo Johnson (1953) encontrou que os últimos entrenós contribuíram com mais de 60% da estatura do material, estando as modificações provocadas pelo ambiente nos entrenós relacionadas com as observadas na estatura, o autor assume que aspectos ambientais afetando o seu crescimento refletir-se-iam também sobre a estatura das plantas. Este seria o caso do P e do Al, por exemplo: quando há deficiência daquele nutriente, os processos de crescimento e diferenciação em geral são limitados pela taxa com que o fosfato pode ser transportado do tonoplasto e tecido até o ponto de desenvolvimento (Verhoeven & Engelbrecht 1979), aspectos negativamente afetados pelo Al (MacLeod & Jackson 1967). Mas, as respostas de PAT 7392 e CNT 10 em cada nível de calcário não foram correspondentes às verificadas para estatura. Esta não-total correspondência entre um e outro caráter indica unicamente que o pedúnculo contribui para a estatura da planta, não sendo o único fator determinante. Gomes (1978) encontrou que a estatura das plantas de trigo foi afetada por aumentos tanto no comprimento dos entrenós, mais diretamente do pedúnculo, como no número de entrenós.

A combinação do efeito da calagem e da adubação fosfatada se faz sentir também sobre o número de perfilhos das duas cultivares. À semelhança do ocorrido na ausência de calcário, quando o mesmo foi empregado aquém de toda a recomendação pelo método de Shoemaker - MacLean - Pratt, não houve resposta à maior adubação fosfatada. Já com 1 SMP, a elevação na dose de P acarretou um incremento no número de perfilhos, uma vez que a acidez estaria limitando a resposta ao adubo fosfatado. De sorte que, com esta combinação de efeitos, foram observados, em média, 5.55 perfilhos, número que se destacou de todos os demais tratamentos, os quais propiciaram por volta de 2.23 perfilhos.

Deste modo, para que houvesse um aumento no caráter, foi necessário que fossem totalmente corrigidas a deficiência em P e a acidez nociva do solo. Svoboda (1976) constatou, em trigo que nos genótipos sensíveis ao Al, aos

maiores valores de peso seco das raízes correspondeu também um maior número de colmos, o que realmente se constata ao agregar estes dados aos de Zanatta & Mundstock (1988).

Por outro lado, os dados mostraram que, com deficiência de P, CNT 10 mostrou valores superiores aos verificados em PAT 7392, mas com o maior suprimento do elemento, as duas cultivares emitiram semelhante número de perfilhos. Ao mesmo tempo, PAT 7392 reagiu à maior adubação fosfatada, o que já não se deu com CNT 10, o que demonstra a maior responsividade e exigência daquela cultivar em termos de fertilidade do solo, uma característica do germoplasma pós-“revolução verde”, desenvolvido para responder a altas adubações (Borlaug s.d.). Inúmeros são os aspectos envolvidos na questão do perfilhamento, conforme denota a própria complexidade genética do caráter, com mais de dez cromossomos envolvidos na emissão dos perfilhos, de uma ou outra forma (Ausemus et al. 1973), e as divergências nos estudos da herança (Nieves 1937, Edwards et al. 1976, Ketata et al. 1976, Gill et al. 1977). De maneira que o ambiente exerce extrema influência sobre o caráter, em especial aspectos ligados à questão nutricional (Percival 1974), da mesma forma que para outros dos caracteres enfocados neste trabalho.

## CONCLUSÕES

1. CNT 10 caracteriza uma cultivar tolerante ao Al tóxico, mais eficiente que PAT 7392 no aproveitamento de limitada disponibilidade de P no solo, mas menos responsiva às aplicações do nutriente.

2. PAT 7392 caracteriza uma cultivar com menor tolerância ao Al tóxico e menor eficiência no aproveitamento de baixa disponibilidade de P que CNT 10, mas com maior capacidade de resposta às aplicações do nutriente.

3. PAT 7392 é uma cultivar com maior potencial de produção de matéria seca que CNT 10.

## REFERÊNCIAS

- ANDREW, C.S.; JOHNSON, A.D.; SANDLAND, R.L. Effect of aluminum on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legume. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.24, n.3, p.325-339, 1973.
- AUSEMUS, E.R.; McNEAL, F.H.; SCHMIDT, J.W. Genetics and inheritance. In: QUISENBERRY, K.S.; REITZ, L.P. (Eds.). **Wheat and wheat improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. Cap. 6, p.225-267.
- BIELESKY, R.L. Phosphate pools, phosphate transport and phosphate availability. **Annual Review of Plant Physiology**, v.24, p.225-252, 1973.
- BLACK, A.L. Phosphorus. In: \_\_\_\_\_ . **Soil-plant relationships**. 2. ed. New York: J. Wiley, 1968. Cap. 8, p.558-653.
- BORLAUG, N.E. **The green revolution peace and humanity**. [S.l.:s.n., 19--]. 29p.
- CRUZ, A.D. **Contribuição ao estudo do alumínio no trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivado em solução nutritiva**. Piracicaba: ESALQ, 1966. 50p. Tese de Mestrado.
- DEAN, L.A.; FRIED, M. Soil-plant relationships in the phosphorus nutrition of plants. In: PIERRE, W.H.; NORMAN, A.G. (Eds.). **Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition**. New York: Academic Press, 1953. Cap. 2, p.43-58.
- EDWARDS, L.H.; KETATA, H.; SMITH, E.L. Gene action of heading date, plant height, and other characters in two winter wheat crosses. **Crop Science**, v.16, n.2, p.275-277, 1976.
- FOY, C.D. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in soils. **Ciência e Cultura**, v.28, n.2, p.150-155, 1976.
- GILL, K.S.; NANDA, G.S.; SING, G. Inheritance of plant height, tiller number of spikelets in two spring x winter crosses in wheat. **Genética Agrária**, v.31, n.1/2, p.227-237, 1977.
- GOMES, E.P. **Análise de alguns aspectos da genética da estatura de planta relacionados com o comprimento e o número de entrenós do colmo em trigo (*Triticum aestivum* L.)**. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1978. 104p. Tese de Mestrado.
- GONZALEZ, E.E.; WOLF, J.M.; NADERMAN, G.; SOARES, W.V.; GALRÃO, E.Z. Relações entre toxidez de alumínio, desenvolvimento de raízes, absorção de água e produção de milho num oxisol (latossol vermelho escuro) do Distrito Federal. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.28, n.2, p.181-182, 1976.
- JOHNSON, V.A. Environmental factors affecting plants height in winter wheat. **Agronomy Journal**, v.45, n.10, p.505-508, 1953.
- KAISTHA, B.P.; MARWAHA, B.C.; TRIPATHI, B.R. Response of wheat to graded doses of nitrogen as influenced by phosphorus application in acid soils varying in available phosphorus status. **Fertilizer Technology**, v.14, n.1/2, p.97-103, 1977.
- KETATA, H.; SMITH, E.L.; EDWARDS, L.H.; McNEW, R.W. Detection of epistatic additive, and dominance variation in winter wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.). **Crop Science**, v.16, n.1, p.1-4, 1976.
- KIRBY, E.J.M.; FARIS, D.G. The effect of plant density on tiller growth and morphology in barley. **Journal of Agricultural Science**, v.82, n.2, p.437-447, 1972.
- MACLEOD, L.B.; JACKSON, L.P. Aluminum tolerance of two barley varieties in nutrient solution, peat and soil culture. **Agronomy Journal**, v.59, p.359-363, 1967.
- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1979. v.1, Cap. 8, p.331-350.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Nutrição mineral e adubação de cereais diversos. In: \_\_\_\_\_ . **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Livraria Pioneira, 1974. Cap. 7, p.325-454.
- MUGWIRA, L.M.; SAPRA, V.T.; PATEL, S.U.; CHOUDRY, M.A. Aluminum tolerance of triticale and wheat cultivar developed in different regions. **Agronomy Journal**, v.73, n.3, p.470-475, 1981.

- NEENAN, M. The effects of soil acidity on the growth of cereals with particular reference to the differential reaction of varieties Thereto. **Plant Soil**, v.12, n.4, p.327-338, 1960.
- NIEVES, R. Herencia de algunos caracteres morfológicos y fisiológicos en el trigo. **Archivo Fitotecnico del Uruguay**, v.2, p.413-447, 1937.
- NITTLER, L.W.; JENSEN, H.A. Cultivar differences among barley plants grown with different nutrient treatments. **Agronomy Journal**, v.66, n.3, p.397-399, 1974.
- PERCIVAL, J. **The wheat plant**; a monograph. London: Duckworth, 1974. Parte 1, p.3-143.
- POWELL, J.B.; SCHLEHUBER, A.M. Components of the semidwarf straw character in wheat, *Triticum aestivum* L. **Crop Science**, v.7, n.5, p.511-516, 1967.
- SCHEEREN, P.L.; CARVALHO, F.I.F. de; FEDERIZZI, L.C. Componentes da estatura de planta em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.4, p.527-538, 1981.
- SINGH, R.P.; SINGH, R.P. Effect of dry matter accumulation on grain yield of wheat due to times of N and P application. **Indian Journal of Agronomy**, v.25, n.1, p.166-168, 1980.
- SPIERTZ, J.H.J. Grain production of wheat in relation to nitrogen, weather and diseases. In: HURD, R.G.; BISCOE, P.V.; DENNIS, C. (Eds.). **Opportunities for increasing crop yields**. Bath: The Pitman, 1980. Cap. 7, p.97-113.
- SVOBODA, L.H. **Comportamento do sistema radicular e de algumas características da parte aérea de dois cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) conduzidos em dois níveis de acidez do solo**. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1976. 75p. Tese de Mestrado.
- SYME, J.R. Leaf appearance rate and associated characters in some Mexican and Australian wheats. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.25, n.1, p.1-7, 1974.
- VERHOEVEN, R.L. ENGELBRECHT, A.H.P. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and sulphur deficiencies on the chloroplasts of *Triticum aestivum*. **South African Journal of Science**, v.75, p.307-310, 1979.
- ZANATTA, A.C.A.; MUNDSTOCK, C.M. Efeito de níveis de fósforo e alumínio sobre os sistemas aéreo e radicular do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.12, p.1355-1370, 1988.