

DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO NO CRESCIMENTO DO TRIGO ⁽¹⁾

ELOISE MELLO VIANA ^(2*); JORGE DE CASTRO KIEHL ⁽²⁾

RESUMO

O fornecimento do potássio para as plantas estimula o aproveitamento do nitrogênio, possibilitando que sua absorção, assimilação, nutrição e, conseqüentemente, a produtividade, sejam aumentadas. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de combinações de doses de nitrogênio e potássio no crescimento e assimilação do nitrogênio por plantas de trigo. O experimento foi realizado em casa de vegetação, utilizando-se vasos com capacidade para 3 kg onde foram acondicionadas amostras da camada 0-0,2 m de um Argissolo Vermelho Amarelo Abrúptico. Utilizou-se um esquema fatorial 5² fracionado, com combinações de cinco doses de nitrogênio (0; 70; 140; 210 e 280 mg dm⁻³) e de cinco doses de potássio (0; 50; 100; 150 e 200 mg dm⁻³), as quais foram distribuídas segundo o delineamento experimental de blocos aleatorizados, com quatro repetições. O fornecimento combinado das maiores doses de nitrogênio e potássio incrementou a produção de massa seca da parte aérea e teor de clorofila nas folhas. O acúmulo de nitrogênio e potássio nas folhas foi aumentado apenas pelas doses desses nutrientes separadamente. O potássio não influenciou a atividade da redutase do nitrato e o acúmulo de nitrogênio no tecido vegetal.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., atividade da enzima redutase do nitrato, leituras SPAD.

ABSTRACT

RATES OF NITROGEN AND POTASSIUM ON GROWTH OF WHEAT PLANTS

The supply of potassium to plants stimulates the efficient use of nitrogen through plant uptake and assimilation, consequently increasing crop yield. The aim was to evaluate the effect of combined rates of nitrogen and potassium on growth and assimilation of nitrogen in wheat plants. The experiment was performed in a greenhouse, Piracicaba, SP Brazil. Three-liter pots were filled with 0-0.2 m depth samples of Arenic Hapludult. A fractionated 5² factorial was used, with combinations of five nitrogen rates (0; 70; 140; 210 and 280 mg dm⁻³) and five potassium rates (0; 50; 100; 150 and 200 mg dm⁻³), which were set in a randomized block design, with four replications. The combination of the highest nitrogen and potassium rates increased shoot growth and the chlorophyll content in leaves. The accumulation of nitrogen and potassium in leaves was increased only by rates of these nutrients separately. The potassium did not influence the nitrate reductase activity and the accumulation of nitrogen in plant tissue.

Key words: *Triticum aestivum* L., nitrate reductase activity, SPAD measurements.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 25 de maio de 2009 e aceito em 21 de setembro de 2010.

⁽²⁾ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Ciência do Solo, ESALQ/USP, 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: emviana@esalq.usp.br (*) Autora para correspondência.

1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio é um dos elementos mais absorvidos por gramíneas como milho e trigo e muitas vezes não é suprido adequadamente. O estabelecimento de práticas de manejo que aperfeiçoem os insumos aplicados, especialmente fertilizantes, pode contribuir para aumentar a produtividade nas lavouras de trigo e reduzir o custo produtivo. As plantas de trigo demandam elevada quantidade de macronutrientes, principalmente, nitrogênio e potássio (PAULETTI, 1998; FOLONI et al., 2009).

A disponibilidade do nitrogênio e do potássio e a adequada proporção entre eles no solo são fatores importantes nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas. O metabolismo de nitrogênio nas plantas requer adequadas quantidades de potássio no citoplasma (XU et al., 2002), sendo importante para a produção de aminoácidos e produtividade das culturas. Ainda, tem sido verificado que o potássio está envolvido na fase final do metabolismo do nitrogênio (MARSCHNER, 1995). Entretanto, alguns trabalhos relataram que o potássio está envolvido no início dos processos metabólicos do nitrogênio, como incorporação do nitrogênio mineral e especialmente na redutase do nitrato (RUAN et al., 1998; 1999).

A redutase do nitrato é considerada uma enzima-chave na regulação do metabolismo do nitrogênio. Por causa desse papel regulador, a atividade da redutase do nitrato poderia estar relacionada, indiretamente, com a produtividade das culturas, pois se pode supor que plantas com alta atividade da redutase do nitrato teriam maior capacidade de assimilar o nitrato disponível e, em consequência, maior capacidade em responder à adubação nitrogenada. Dentre vários processos nutricionais envolvidos, o nitrogênio e o potássio são responsáveis pela produção e pela qualidade do trigo. A hipótese deste trabalho é que doses de nitrogênio e de potássio quando associadas na adubação incrementam a nutrição e o crescimento das plantas de trigo, e a combinação desses nutrientes favorece a atividade da redutase do nitrato e aumenta o teor de clorofila das plantas. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de combinações de doses de nitrogênio e potássio no crescimento e assimilação do nitrogênio pelas plantas de trigo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de junho a agosto de 2006, em condições de casa de vegetação com controle de temperatura, mantida entre 28 e 35 °C em Piracicaba, SP (22°42'30"S, 47°38'00"W, e aproximadamente 546 m altitude), utilizando-se plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivar IAC 370. Foram coletadas amostras de Argissolo Vermelho-Amarelo

Abrúptico (860 g kg⁻¹ de areia, 60 g kg⁻¹ de silte e 80 g kg⁻¹ de argila) à profundidade de 0–0,2 m passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura, homogeneizadas e depositadas em vasos com capacidade para 3,0 kg de terra. Fez-se caracterização química das amostras de terra, determinando-se: pH CaCl₂ = 4,0, P = 2,0 mg dm⁻³, K = 0,7 mmol_c dm⁻³, Ca = 4,0 mmol_c dm⁻³, Mg = 1,0 mmol_c dm⁻³, Al = 5,0 mmol_c dm⁻³, H+Al = 20,0 mmol_c dm⁻³, S.B = 5,7 mmol_c dm⁻³, CTC = 25,7 mmol_c dm⁻³, V = 22,0%, M.O. = 12,0 g dm⁻³, Cu = 0,3 mg dm⁻³, Zn = 0,4 mg dm⁻³, Mn = 13,1 mg dm⁻³, Fe = 27 mg dm⁻³, B = 0,19 mg dm⁻³ e S = 3,0 mg dm⁻³, segundo os procedimentos descritos em RAIJ et al. (2001).

Os tratamentos foram constituídos por combinações de cinco doses de nitrogênio (0; 70; 140; 210 e 280 mg dm⁻³) com cinco doses de potássio (0; 50; 100; 150 e 200 mg dm⁻³). Empregou-se estudo de superfície de resposta, com base em desenho experimental composto central modificado de fatorial 5² fracionado, de acordo com LITTELL e MOTT (1975). Foram obtidas 13 combinações entre as doses dos nutrientes, em mg dm⁻³, assim definidas: 0-0; 0-100; 0-200; 70-50; 70-150; 140-0; 140-100; 140-200; 210-50; 210-150; 280-0; 280-100; 280-200. As doses de cada nutriente foram definidas após ensaio piloto, no qual as maiores doses proporcionaram maior produção de massa seca e concentração dos elementos N e K na parte aérea. O delineamento foi em blocos aleatorizados com quatro repetições.

Carbonato de cálcio e carbonato de magnésio foram fornecidos na relação 4:1 para elevação da saturação por bases a 60%, segundo recomendação para cultura do trigo em RAIJ et al. (1997). Após a incorporação dos carbonatos, as amostras de terra foram incubadas por 20 dias com umidade a 60% da capacidade de retenção de água. Após o período de incubação, aplicou-se o fósforo na dose de 300 mg dm⁻³ (superfósforo simples com 18% de P₂O₅), misturando-se com toda terra do vaso a fim de permitir que o superfósforo fosse distribuído de forma homogênea. Os micronutrientes foram aplicados nas doses: 0,5 mg dm⁻³ de boro (H₃BO₃ com 17,7% de B); 0,8 mg dm⁻³ de cobre (CuSO₄.5H₂O com 25,6% de Cu) e 10,8 mg dm⁻³ de zinco (ZnSO₄.7H₂O com 22,6% de Zn) preparando-se uma solução. O nitrogênio e o potássio foram aplicados nas formas de ureia (44% de N) e cloreto de potássio (60% de K₂O) respectivamente, preparando-se soluções contendo as combinações das doses de N e K, aplicando-as juntamente com a água de irrigação para manter 60% da capacidade de retenção de água, no qual permaneceu incubado por dez dias.

A umidade do solo foi mantida a 60% da capacidade de retenção de água por meio de irrigações controladas por pesagem diária dos vasos. O ambiente de crescimento das plantas era fechado, não permitindo perdas por lixiviação.

Dez dias após a aplicação dos fertilizantes, foi realizada a semeadura utilizando-se quinze sementes por vaso e deixando-se seis plantas em cada vaso após o desbaste. Para estimar o teor de clorofila foram realizadas leituras SPAD no estágio 10.1 do trigo, que correspondeu aos 30 dias após a aplicação das doses de N e K. Foi empregado o Chlorophyll Meter SPAD – 502 (Minolta Camera Co., 1989), realizando doze leituras por unidade experimental (duas leituras por planta do vaso), sempre às 16 horas, na primeira folha após a folha bandeira, fixando o clorofilômetro no terço-médio da lâmina foliar (MATSUNAKA et al., 1997). A média das doze leituras foi considerada como um valor SPAD para cada vaso.

A atividade da redutase do nitrato foi determinada, de acordo com metodologia descrita por MULDER et al. (1959). No estágio 10.5 do trigo (aos 79 dias de cultivo) foram coletadas amostras do terço médio da lâmina da primeira folha abaixo da folha bandeira de uma planta por vaso. Antes dessa coleta, as plantas foram colocadas em câmara de crescimento e expostas à luz artificial por duas horas, com temperatura constante em torno de 27 °C, evitando assim interferências externas na atividade da enzima redutase e homogeneizando todas as parcelas experimentais. Amostras de 200 mg de material verde foram incubadas por duas horas em meio de KNO_3 (4 mL) em tampão fosfato. Após a incubação, 1 mL do meio de incubação foi retirado e o NO_2^- presente foi determinado por adição de 1 mL de ácido sulfanílico e HCl a 20% para paralisar a reação, seguindo-se a adição de 1 mL de alfa-naftilamina para desenvolver a cor rósea ao reagir com o NO_2^- . A leitura foi realizada em colorímetro equipado com filtro de 560 nm.

Após o período de 80 dias de cultivo (estádio fenológico 10.5), a parte aérea das plantas foi colhida e seca em estufa a 65 °C por 72 horas até massa constante, pesada e submetida à determinação da concentração do nitrogênio e potássio, segundo os procedimentos descritos em MALAVOLTA (1997). Foram calculadas as quantidades acumuladas de nitrogênio e potássio na parte aérea multiplicando-se a concentração do elemento em cada parte do vegetal pela quantidade de massa seca.

O estudo estatístico constou de análise de superfície de resposta pelo emprego do "Statistical Analysis System" (SAS INSTITUTE, 2000). Inicialmente, foi realizada a análise de variância para as combinações de doses de nitrogênio e de potássio. A significância do teste de F para essas combinações foi avaliada por regressão polinomial (superfície de resposta) pelo comando RSREG ou o estudo de regressão (primeiro e segundo graus) pelo GLM. Foi adotado o nível de significância de 5% em todas as análises estatísticas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de massa seca da parte aérea

A produção de massa seca da parte aérea do trigo aumentou com o suprimento combinado de nitrogênio e potássio, ajustando-se ao modelo polinomial (Figura 1). De acordo com a equação, verificou-se que a dose 251 mg dm^{-3} de nitrogênio foi responsável pela máxima produção de massa seca da parte aérea, associada à mais alta dose de potássio empregada no estudo (200 mg dm^{-3}). Tais doses promoveram incremento produtivo da parte aérea, porém esse aumento na produção poderia ter sido maior se o fornecimento destes elementos não tivesse sido em dose única, no início do experimento, e o solo contivesse elevado teor de areia. Mesmo em cultivo em sistema fechado o fornecimento de altas doses de nutrientes em um solo muito arenoso, como do estudo, pode haver perdas por volatilização de N.

Em condições de baixas doses de nitrogênio, mesmo com o incremento das doses de potássio, a produção de massa seca da parte aérea foi baixa (Figura 1); no entanto, à medida que aumentaram as doses de nitrogênio associadas às maiores doses de potássio, a produção de massa seca da parte aérea foi incrementada. PANAULLAH et al. (2006) avaliando a absorção de potássio no cultivo de arroz e trigo em sucessão, verificaram que a adubação nitrogenada aumentou a absorção de potássio pela cultura do trigo. Segundo estes autores, o emprego correto da adubação nitrogenada incrementou a absorção de potássio em 57%, com o fornecimento de 120 e 80 kg ha^{-1} de N e K respectivamente.

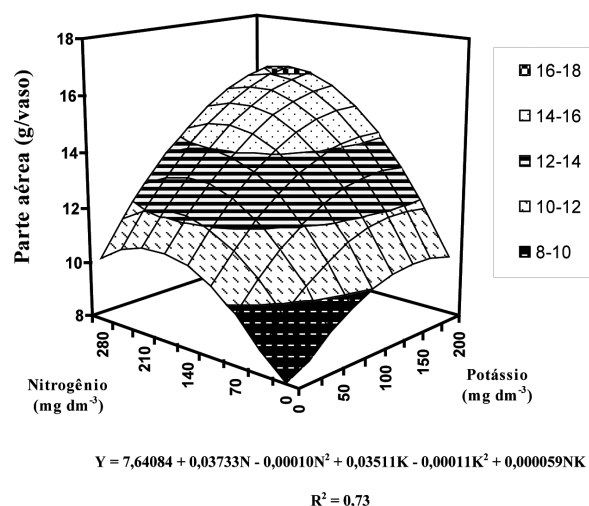


Figura 1. Produção de massa seca da parte aérea do trigo em função das combinações de doses de nitrogênio e de potássio.

O suprimento de potássio associado à baixa quantidade de nitrogênio inibe a produção de massa seca, enquanto altas doses de potássio combinadas com altas doses de nitrogênio interagem para aumentar a produção de grãos e massa seca em plantas de milho (LUECKING et al., 1983; MACKENZIE et al., 1988). Apesar do potássio não participar de compostos estruturais nas plantas, esse nutriente desempenha importante papel em vários processos bioquímicos e fisiológicos dos vegetais. O potássio também pode influenciar a utilização de nitrogênio pelas culturas: segundo XU et al. (1992), o crescimento de plântulas de milho com NH_4^+ foi mais vigoroso quando houve suplementação com potássio. Esse processo também pôde ser observado neste estudo, com o fornecimento das maiores doses de NH_4^+ (ureia) associado ao potássio determinando maior crescimento e produção de massa seca nas plantas de trigo.

Acúmulo de nitrogênio na parte aérea

Não houve interação significativa para a combinação das doses de nitrogênio e potássio no acúmulo de nitrogênio nas folhas do trigo. Contudo, esse acúmulo variou apenas em função do fornecimento das doses de nitrogênio segundo modelo linear de regressão (Figura 2). O acúmulo de nitrogênio nas folhas aumentou de 70 para 210 mg em seis plantas com o fornecimento da maior dose (280 mg dm^{-3} de N).

O metabolismo de nitrogênio nas plantas requer adequadas quantidades de potássio no citoplasma (XU et al., 2002). Várias pesquisas relatam a importância do potássio no aproveitamento do nitrogênio (XU et al., 2002; RUAN et al., 1998; 1999), porém na figura 2 pode-se observar apenas o efeito do nitrogênio no acúmulo desse nutriente na parte aérea. Tal comportamento pode ser devido ao suprimento de potássio em única

dose, não tendo quantidades suficientes em solução na fase de acúmulo e incorporação do nitrogênio no tecido foliar.

Os resultados de KARROU e MARUNVILLE (1994) revelaram que as concentrações de nitrogênio da parte aérea de três variedades de trigo aumentaram com o suprimento de nitrogênio. Resultados semelhantes foram avaliados por PARVIZI et al. (2004), com aplicação de doses de nitrogênio e manganês em trigo; entretanto, a absorção de nitrogênio e a produção de massa seca decresceram com o emprego da dose mais alta de nitrogênio (350 mg kg^{-1}). Segundo os autores, a dose de 200 mg kg^{-1} de nitrogênio foi considerada a ideal, pois promoveu maior concentração do nutriente e produção de massa seca da parte aérea.

O acúmulo de nitrogênio na parte aérea foi menor se comparado aos dados de pesquisas anteriores com doses de nitrogênio em trigo (COSSEY et al., 2002; YANO et al., 2005). Essa baixa concentração deve-se ao fato do nitrogênio ter sido fornecido em única dose no início do cultivo das plantas e incrementado a rápida absorção, metabolização e redistribuição do elemento por toda planta. Porém, DA ROS et al. (2003), em plantio direto em solo com 54% de argila, observaram que a época de aplicação de nitrogênio não influenciou a produção de massa seca e o acúmulo de nitrogênio pelas culturas de trigo e milho.

Acúmulo de potássio na parte aérea

Verificou-se que o acúmulo de potássio na parte aérea variou somente com a adição de potássio, não havendo interação com o fornecimento do nitrogênio. Essa variação obedeceu ao modelo linear de regressão (Figura 2b). De acordo com o modelo de regressão, o

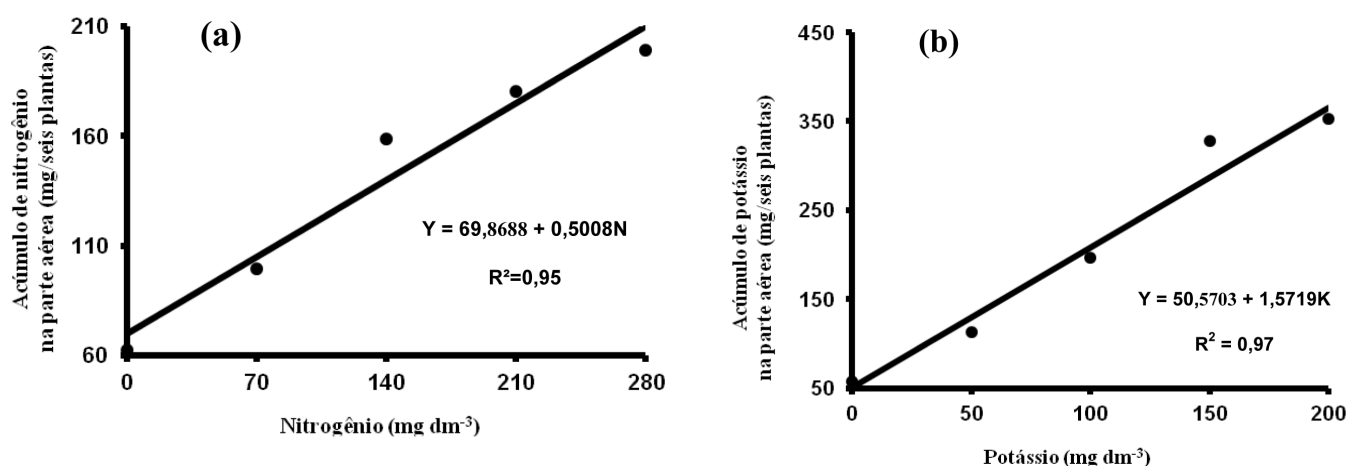


Figura 2. Quantidade de nitrogênio (a) acumulado na parte aérea das plantas de trigo em função das doses de nitrogênio e potássio (b) acumulado na parte aérea das plantas de trigo em função das doses de potássio. Cada símbolo representa a média de quatro repetições.

acúmulo de potássio aumentou de 50,6 para 365 mg em seis plantas com o fornecimento desse nutriente.

CHERNEY et al. (2004) verificaram que as adubações nitrogenadas e potássicas em *Phalaris arundinaceae* promoveram incremento na concentração de nitrogênio nas folhas e na produção de massa seca. Relataram ainda que a adubação nitrogenada, em relação à adubação potássica, influenciou mais a concentração de nutrientes e a produção de massa seca, mas o potássio foi fundamental para não limitar a resposta das plantas ao nitrogênio. Tal observação também pode ser observada neste trabalho, pois devido às condições de baixo teor de K no solo ($0,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) identificado na análise química de caracterização inicial, o fornecimento do N e K combinados promoveu incrementos na produção de massa seca e na concentração de nitrogênio e potássio na parte aérea do trigo. Entretanto, o fornecimento do N e K apenas no início do experimento, pode ter limitado o acúmulo destes nutrientes no tecido vegetal, pois se acredita que o fornecimento em dose única no início do experimento e o alto teor de areia do solo podem ter limitado o crescimento e o acúmulo dos elementos no tecido das plantas, mesmo com o fornecimento de altas doses de nitrogênio e potássio.

Estimativa do teor de clorofila

Segundo MALAVOLTA et al. (1997), o N participa da constituição da molécula de clorofila e a avaliação da necessidade de N pela planta pode ser determinada pela mensuração indireta do teor de clorofila. Essas avaliações realizadas por meio de leituras pelo medidor portátil de clorofila correspondem ao teor relativo de clorofila presente na folha da planta. O fornecimento combinado das doses de nitrogênio e potássio incrementou o conteúdo de clorofila nas plantas de trigo (Figura 3). A equação de regressão indica que as doses de nitrogênio e potássio necessárias para a obtenção do teor máximo de clorofila (SPAD 57) foram de 240 e 174 mg dm^{-3} respectivamente. Tal comportamento ocorre devido ao aumento da concentração da clorofila, promovido pela maior concentração de nitrogênio total nos tecidos. Na figura 4, pode-se ainda observar o importante papel do potássio no auxílio do nitrogênio na formação de clorofila no tecido vegetal, que pode ser atribuído à melhor nutrição das plantas e maior crescimento quando houve o fornecimento das maiores doses de N e K associadas. Segundo STANCHEVA e DINEV (1995), o conteúdo máximo de pigmentos fotossintéticos em folhas de milho e trigo foi observado nas plantas com maior crescimento vegetativo. Para SHADCHINA e DMITRIEVA (1995), a determinação do conteúdo de clorofila em folhas de trigo representa um parâmetro apropriado para a avaliação da aquisição de nitrogênio pelas plantas e, além disso, pode fornecer diagnóstico confiável das condições nutricionais das plantas.

A leitura SPAD revelou-se bom parâmetro para prever a produção de massa seca da parte aérea do trigo (Figura 1) e o acúmulo de nitrogênio na parte aérea (Figura 2a), pois o fornecimento das maiores doses de nitrogênio foi capaz de promover maior produção de massa seca da parte aérea, acúmulo do nitrogênio na parte aérea e índice SPAD. Segundo DEBAEKE et al. (2006), a concentração de nitrogênio nas folhas e as leituras do clorofilômetro revelaram correlação positiva devido ao papel do nitrogênio na síntese da clorofila. TEIXEIRA FILHO (2008) observou que no cultivo de trigo com sistema irrigado em plantio direto à medida que se aumentou a dose de nitrogênio ocorreu maior conteúdo

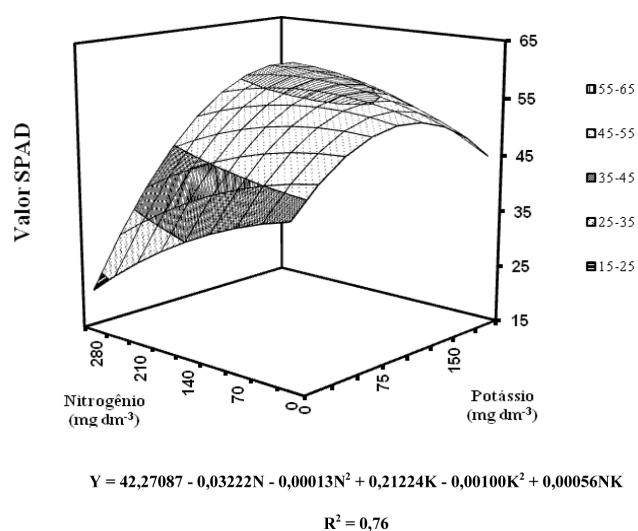


Figura 3. Teor de clorofila avaliado pelo índice SPAD das folhas do terço-médio do trigo em função das combinações de doses de nitrogênio e de potássio.

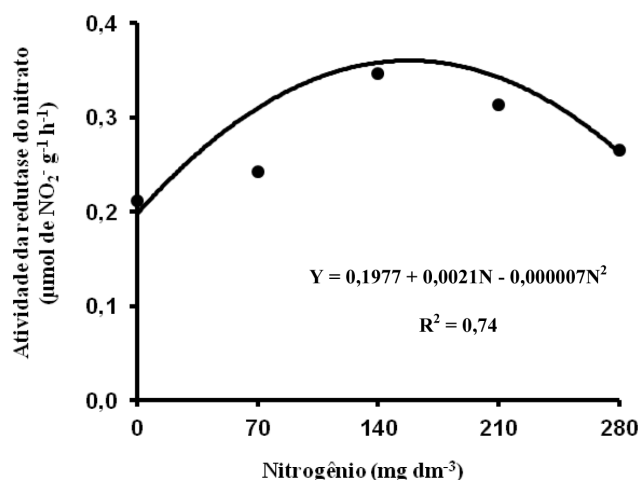


Figura 4. Atividade da enzima redutase do nitrato na folhas do trigo em função das doses de nitrogênio. Cada símbolo representa a média de quatro repetições.

de clorofila (SPAD na folha bandeira de 45,35) com o fornecimento de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, mostrando a relação nitrogênio e clorofila.

FOLLETT et al. (1992), estudando o uso do medidor de clorofila para avaliar os teores de nitrogênio da planta de trigo de sequeiro, também constataram associação positiva quando compararam as leituras do medidor de clorofila na folha com a concentração de nitrogênio foliar. Entretanto, a relação entre o valor SPAD e concentração de nitrogênio pode ser linear até que o nitrogênio não seja mais assimilado, e acumulado na forma de nitrato, tendendo ocorrer estabilização da intensidade de verde, de forma a refletir o acúmulo de nitrato (ABREU e MONTEIRO, 1999). Tal efeito pode-se, também, verificar na Figura 4, com o maior índice SPAD sendo observado na dose de 240 mg dm⁻³ de N e não havendo incrementos com o aumento no fornecimento do N.

Atividade da enzima redutase do nitrato

A atividade da enzima redutase do nitrato nas folhas do trigo foi incrementada somente pelo fornecimento das doses de nitrogênio, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 4). A atividade da enzima teve pequena variação, de 0,21 a 0,27 μmol de NO₂⁻ g⁻¹ h⁻¹ com a variação das doses entre 0 e 280 mg dm⁻³ de nitrogênio. Verificou-se que a máxima atividade da enzima redutase do nitrato foi de 0,36 μmol de NO₂⁻ g⁻¹ h⁻¹ quando o fornecimento de nitrogênio foi de 158 mg dm⁻³. A partir dessa dose, o aumento no fornecimento de nitrogênio promoveu o decréscimo da atividade da enzima. Tal redução deve-se ao período de coleta das plantas, realizado aos 79 dias após o fornecimento do nitrogênio para as plantas, pois, nesse período já não havia nitrogênio na solução do solo para manter a atividade da enzima redutase do nitrato. Este comportamento pode ser devido também ao fato de que a atividade da enzima tenha sido limitada pela ausência de outros nutrientes, como o molibdênio, pois se sabe que o molibdênio é cofator na redutase do nitrato (LEA, 1997).

O maior fornecimento do nitrogênio (280 mg dm⁻³), utilizando como fonte a ureia, pode ter promovido maior excreção de íons H⁺ pelas raízes das plantas e, conseqüentemente, ocasionado diminuição do pH e da disponibilidade de molibdênio nessas condições. Apesar da pequena quantidade absorvida pela planta, o molibdênio é considerado essencial por afetar duas enzimas: a redutase do nitrato e a nitrogenase (DECHEN et al., 1991). Com a diminuição do pH o molibdênio torna-se indisponível para a planta, e em casos de deficiência desse nutriente a atividade da enzima redutase do nitrato em plantas não leguminosas é reduzida em cerca de 26% e o conteúdo de óxido nítrico diminui cerca de 44% (XU e ZHAO, 2003).

CAZZETA e VILLELA (2004) observaram que a aplicação de 20 g ha⁻¹ de molibdênio como H₂MoO₄ incrementou o desenvolvimento do capim *Tanner grass* (*Brachiaria radicans* Napper) e a atividade da enzima redutase do nitrato. LAVRES JUNIOR e MONTEIRO (2006) verificaram que para os dois cortes do capim Aruana a atividade da redutase do nitrato foi incrementada de acordo com o suprimento de nitrogênio na solução nutritiva. Esses autores relatam que a menor atividade da enzima no segundo crescimento foi devido ao estabelecimento da planta e maior consumo de nitrato antes da avaliação da redutase do nitrato. Tal comportamento também pode ser observado neste estudo, em que a maior dose de nitrogênio promoveu alta produção de massa seca e, conseqüentemente, elevada absorção do nitrogênio da solução do solo antes da coleta das folhas para atividade da enzima. Sabe-se que a atividade da enzima redutase do nitrato é influenciada, além da luminosidade e da temperatura, pela concentração de NO₃⁻ no substrato (MENDEL e KIRKBY, 2001).

O potássio está envolvido no início dos processos metabólicos do nitrogênio, como incorporação do nitrogênio mineral e especialmente na redutase do nitrato (RUAN et al., 1998; 1999). Tal informação, porém, não se confirmou neste estudo. O fornecimento completo dos nutrientes logo no início do cultivo, a ausência do molibdênio e a falta de complemento dos macronutrientes durante o crescimento das plantas pode ter colaborado para o decréscimo da atividade da enzima e a ausência de significância para o potássio na atividade da enzima redutase.

4. CONCLUSÃO

A combinação das doses 251 e 200 mg dm⁻³ de nitrogênio e potássio, respectivamente, promove maior produção de massa seca e maior teor de clorofila nas folhas do trigo. O potássio não influencia a atividade da redutase do nitrato e o acúmulo de nitrogênio no tecido vegetal.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de estudos e apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ABREU, J.B.R.; MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição do capim Marandu em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento. *Boletim de Indústria Animal*, v.56, p.137-146, 1999.

- CAZZETA, J.O.; VILLELA, L.C.V. Nitrate reductase activity in leaves and stems of tanner grass (*Brachiaria radicans* Napper). **Scientia Agricola**, v.61, p.640-648, 2004.
- CHERNEY, J.H.; KETTERINGS, Q.M.; ORLOSKI, J.L. Plant and soil elemental status as influenced by multi-year nitrogen and potassium fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, v.27, p. 991-1014, 2004.
- COSSEY, D.A.; THOMASON, W.E.; MULLEN, R.W.; WYNN, K.J.; WOOLFOLK, C.W.; JOHNSON, G.V.; RAUN, W.R. Relationship between ammonium and nitrate in wheat plant tissue and estimated nitrogen loss. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.1429-1442, 2002.
- DA ROS, C.O.; SALET, R.L.; PORN, R.L.; MACHADO, J.N.C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, p.799-804, 2003.
- DEBAEKE, P.; ROUET, P.; JUSTES, E. Relationship between the normalized SPAD index and the nitrogen nutrition index: application to Durum Wheat. **Journal of Plant Nutrition**, v.29, p.75-92, 2006.
- DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. Mecanismos de absorção e de translocação de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p.79-111.
- FOLLET, R.H.; FOLLET, R.F.; HALVARSON, A.D. Use a chlorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dryland winter wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.23, p.517-697, 1992.
- FOLONI, J.S.S.; ECHER, F.R.; CRESTE, J.E.; VILASBOAS, G.A. Ureia e nitrato de amônio via pulverização foliar no trigo. **Cultura Agrônômica**, v.18, p.83-94, 2009.
- KARROU, M.; MARUNVILLE, J.W. Response of wheat cultivars to different soil nitrogen and moisture regimes 2. Nitrogen uptake, partitioning and influx. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, p.745-761, 1994.
- LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Diagnose nutricional de nitrogênio no capim-Aruana em condições controladas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.829-837, 2006.
- LEA, P.J. Primary nitrogen metabolism. In: DAY, P.M.; HARBORN, J.B. (Ed.). **Plant biochemistry**. New York: Academic Press, chap. 7, p. 273-313. 1997.
- LITTELL, R.C.; MOTT, G.O. Computer assisted design and analysis of response surface experiments in agronomy. **Soil and Crop Society of Florida Proceedings**, v.34, p.94-97, 1975.
- LUECKING, M.A.; JOHNSON, J.W.; HIMES, F.E. Effects of increasing the rates of potassium and nitrapyrin on nutrient uptake by corn. **Agronomy Journal**, v.75, p.247-249, 1983.
- MACKENZIE, A.F.; PHILLIP, E.E.; KIRBY, P.C. Effects of added urea and potassium chloride on yields of corn over four years and on soil potassium. **Agronomy Journal**, v.80, p.773-777, 1988.
- MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 874p.
- MATSUNAKA, T.; WATANABE, Y.; MIYAWAKIA, T.; ICHIKAWA, N. Prediction of grain protein content in winter wheat through leaf color measurements using a chlorophyll meter. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.43, p.127-134, 1997.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. London: Kluwer Academic, 2001. 849p.
- MINOLTA CAMERA. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**, 1989. 22p.
- MULDER, E.G.; BOXMA, R.; VAN VENN, W.L. The effect of molybdenum and nitrogen deficiencies on nitrate reduction in plant tissue. **Plant and Soil**, v.10, p.335-355, 1959.
- PANAULLAH, G.M.; TIMSINA, J.; SALEQUE, M.A.; ISHAQUE, M.; PATHAN, A.B.M. B.U.; CONNOR, D.J.; SAHA, P.K.; QUAYYUM, M.A.; HUMPHREYS, E.; MEISNER, C.A. Nutrient uptake and apparent balances for rice-wheat sequences. III. Potassium. **Journal of Plant Nutrition**, v.29, p.173-187, 2006.
- PARVIZI, Y.; RONAGHI, A.; MAFTOUN, M.; KARIMIAN, N.A. Growth, nutrient status, and chlorophyll meter readings in wheat as affected by nitrogen and manganese. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.35, p.1387-1399, 2004.
- PAULETTI, V. **Plantio direto: atualização tecnológica**. São Paulo: Fundação Cargil, 1998.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise Química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 284 p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)
- RUAN, J.; WU, X.; HARDTER, R. Effects of potassium and magnesium nutrition on the quality components of different types of tea. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, p.47-52, 1999.
- RUAN, J.; WU, X.; YE, Y.; HARDTER, R. Effect of potassium, magnesium and sulphur applied in different form of fertilizers on free amino acid content in leaves of tea (*Camellia sinensis* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, p.389-396, 1998.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT. User's guide, version 8.0.** Cary: SAS Institute, 2000.

SHADCHINA, T.M.; DMITRIEVA, V.V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p.1427-1437, 1995.

STANCHEVA, I.; DIVEV, N. Response of wheat and maize to different nitrogen sources: II. Nitrate reductase and glutamine synthetase enzyme activities, and plastid pigment content. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p.1281-1290, 1995.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; SA, M.E.; ARE, O.; MEGDA, M.M. Response of Irrigated Wheat Cultivars to Different Nitrogen Rates and Sources. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1303-1310, 2009.

XU, G.; WOLF, S.; KAFKAFI, U. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.719-734, 2002.

XU, Q. F.; TSAI, C.E.; TSAI, C.Y. Interaction of potassium with the form and amount of nitrogen nutrition on growth and nitrogen uptake of maize. **Journal of Plant Nutrition**, v.15, p.23-33, 1992.

XU, Y.C.; ZHAO, B.L. The main origin of endogenous NO in higher non-leguminous plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.41, p.833-838, 2003.

YANO, G.T.; TAKAHASHI, H.W.; WATANABE, T.S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Ciências Agrárias**, v.26, p.141-148, 2005.