



ARTIGO ORIGINAL

Marlon Mathias Dacal Coan¹
Volmir Sergio Marchioro^{2*}
Francisco de Assis Franco²
Adriel Evangelista²
Kátia Regina Geremias³
Valdemar Patel³
Joana Neres da Cruz Baldissera¹

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM,
Av. Colombo, 5790, Bloco J45, 1º Andar,
Sala 101, 87020-900, Maringá, PR, Brasil

²Cooperativa Central de Pesquisa
Agrícola – COODETEC, Pesquisa, Programa de
Melhoramento Genético, BR 467, km 98, Canadá,
85813-450, Cascavel, PR, Brasil

³Pontifícia Universidade Católica do
Paraná – PUCPR, Campus Toledo, Av. da União,
500, Jardim Coopagro, 85902-550, Toledo, PR,
Brasil

Autor Correspondente:

*E-mail: volmir@coodetec.com.br

PALAVRAS-CHAVE

Triticum aestivum L.
Azospirillum brasilense
Sustentável
Ureia

KEYWORDS

Triticum aestivum L.
Azospirillum brasilense
Sustainable
Urea

Genótipos de trigo e fontes de nitrogênio mineral e biológica no plantio direto

Wheat genotypes and mineral and biological sources of nitrogen in no-tillage

RESUMO: As cultivares eficientes no uso de N são importantes para redução dos custos de produção, obtenção de produtividade satisfatória e redução da contaminação ambiental pela lixiviação do nitrato. O objetivo deste trabalho foi avaliar caracteres de importância agrônômica de genótipos de trigo submetidos a fontes de nitrogênio (N) mineral (Ureia), biológica (*Azospirillum brasilense*) e óxido de zinco (total de 8,50% de Zn) com nitrogênio amoniacal (total de 7% de N) aplicado na semente. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, em um esquema fatorial 3 × 6, com quatro repetições. Os tratamentos foram três cultivares de trigo (CD 104, CD 150 e CD 116) e seis fontes de nitrogênio com ou sem associações de Zn e *Azospirillum*. Existem diferenças entre os genótipos na resposta ao nitrogênio para os componentes do rendimento de grãos: peso do hectolitro (PH), massa de mil sementes (MMS) e número de espigas por metro (NEM). Não foi possível encontrar efeitos significativos do N em cobertura, *Azospirillum* e Zn para a característica rendimento de grãos (RG) dentro dos genótipos. A necessidade de N para o rendimento de grãos nas cultivares CD 104, CD 150 e CD 116 foi suprida em virtude do N-total no solo, provavelmente devido aos teores de matéria orgânica (MO) e ao plantio direto em restos culturais de soja, nas condições edafoclimáticas do município de Palotina-PR.

ABSTRACT: Cultivars that use nitrogen (N) efficiently are important for reduction of production costs, achievement of satisfactory yield, and reduction of environmental pollution cause by nitrate leaching. In this study, we aimed to evaluate the interactions of wheat genotypes with important agronomic characteristics through the application of N sources: mineral (urea), biological (*Azospirillum brasilense*), and zinc oxide (a total of 8.50% of Zn) with ammoniacal nitrogen (a total of 7% of N) applied to the seed. The experiment was conducted under no-tillage system after succession with soybean (*Glycine max*). We used a completely randomized experimental design in a 3 × 6 factorial scheme with four replicates. The treatments were three wheat cultivars (CD 104, CD 150, and CD 116) and six sources of nitrogen with or without associations with Zn and *Azospirillum*. We observed differences between the genotypes studied regarding response to nitrogen for the following grain yield components: hectoliter weight (HW), mass of thousand seeds (MTS), and number of ears per meter (NEM). No significant effects were found in the genotypes with respect to N topdressing, *Azospirillum*, and Zn regarding grain yield (GY). The need for N to the grain yield of cultivars CD 104, CD 150, and CD 116 were met owing to total N in the soil, probably because of the levels of organic matter (OM) and no-tillage in soil with soybean crop residues under the edaphoclimatic conditions of the municipality of Palotina, Paraná state.

1 Introdução

A utilização de cultivares de trigo de alto potencial produtivo de grãos e a adubação nitrogenada são essenciais para a obtenção de altas produtividades. A adubação nitrogenada em trigo tem sido analisada por diversos pesquisadores, que encontraram diferentes respostas ao nutriente, devido às práticas culturais e às variações edafoclimáticas (YANO; TAKAHASHI; WATANABE, 2005; TEIXEIRA FILHO et al., 2010; MASCARENHAS et al., 2011; PRANDO et al., 2012).

A introdução de leguminosas como plantas de cobertura de solo, em sistemas de rotação de culturas e sucessão, é uma prática que tem aumentado o fornecimento de nitrogênio (AMADO et al., 2001). A concentração de N, assim como a composição bioquímica dos resíduos culturais, são fatores determinantes para a mineralização ou a imobilização do elemento no solo (GLASENER et al., 2002).

São recentes os estudos da influência dos resíduos culturais deixados na superfície do solo, os quais têm contribuído para o incremento do conteúdo de matéria orgânica e da atividade microbiológica, e com a disponibilidade de nutrientes sobre o rendimento de culturas plantadas em sucessão (AMADO et al., 2001; BRAZ et al., 2006). Embora grande quantidade de N possa existir na massa vegetal de cobertura, a quantidade real de N que será aproveitada pela cultura em sucessão dependerá do sincronismo entre a decomposição da biomassa e a taxa de demanda da cultura (BRAZ et al., 2006).

O trigo apresenta resposta significativa à aplicação de N, exportando, em média, 22 kg ha⁻¹ de N por tonelada de grãos (CQFSRS/SC, 2004). De acordo com Wendling et al. (2007), o suprimento do N para as gramíneas possui importância econômica e ambiental muito significativa, pela alta resposta à aplicação e pela facilidade de perda, podendo ocasionar contaminação ambiental.

Uma das alternativas que visam à redução do uso de fertilizantes nitrogenados e do risco da contaminação ambiental, sem que haja diminuição da produção, é a utilização da inoculação de bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* em associação com as raízes de gramíneas, como o milho (*Zea mays*), o arroz (*Oryza sativa*), o trigo e diversas forrageiras, além de outras espécies de importância econômica (QUADROS, 2009).

Estes microrganismos podem atuar na disponibilidade de N para plantas de trigo por meio da fixação de N atmosférico (N₂), menos propenso à lixiviação e à volatilização, uma vez que é utilizado *in situ*, podendo, desta maneira, reduzir a utilização de adubos nitrogenados na cultura. Sendo assim, o processo biológico de fornecimento de N para as gramíneas é uma alternativa barata, limpa e sustentável para o fornecimento de N na agricultura comercial (REIS JUNIOR et al., 2008).

Os resultados de inoculação em gramíneas forrageiras e cereais nem sempre têm sido favoráveis (OKON; LABANDERA-GONZALEZ, 1994), pois há uma complexa interação planta-bactéria-ambiente, provavelmente devido a fatores, como especificidade da bactéria com a planta e das condições edafoclimáticas (ROESCH et al., 2006; SALA et al., 2008; HUNGRIA et al., 2010).

Uma prática que vem crescendo é a utilização de zinco (Zn) + nitrogênio (N), aplicados via sementes na cultura

do trigo. As exigências nutricionais de Zn, conforme Gupta (2001), são específicas para cada cultura, mas os cereais são mais responsivos. De acordo com Graham e Welch (1996), aproximadamente metade dos solos usados para a produção de cereais no mundo é deficiente em Zn e uma das principais razões para tal é a aplicação de quantidades relativamente elevadas de calcário para a correção da acidez do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar genótipos de trigo submetidos a fontes de nitrogênio mineral (ureia), *Azospirillum brasilense* (biológica) e óxido de zinco (total de 8,50% de Zn) com nitrogênio amoniacal (total de 7% de N), sob plantio direto após sucessão com a cultura da soja.

2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2011, na Fazenda Experimental da Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec), município de Palotina, localizado na região oeste do Estado do Paraná. O município possui clima subtropical úmido, com precipitação pluviométrica média anual em torno de 1.600 mm, Latitude 24° 18' S e Longitude 53° 55' W, e Altitude de 330 m. O solo da área, segundo classificação Embrapa (2006), é um Latossolo Vermelho Eutroférico, textura argilosa e relevo semiondulado.

A análise dos atributos químicos da camada de 0-20 cm do solo, anterior à instalação do experimento, apresentou valores de pH (H₂O) de 5,1; sem a presença de Al³⁺; 5,89 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 2,15 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 37,40 mg dm⁻³ de P; 1,14 cmol_c dm⁻³ de K; 15,70 mg dm⁻³ de Cu; 2,00 mg dm⁻³ de Zn; 32,00 mg dm⁻³ de Fe; 298,00 mg dm⁻³ de Mn; 18,31 g dm⁻³ de C; 31,50 g kg⁻¹ de M.O; 64,92 (%) de saturação de bases, e 14,14 cmol_c dm⁻³ de capacidade de trocas catiônicas (CTC).

Os métodos utilizados na análise de solo foram: Mehlich I para P, K⁺, Cu, Zn, Fe e Mn (MEHLICH, 1953); KCl para Ca²⁺, Al³⁺, Mg²⁺; Walkey Black para C (RAIJ et al., 2001); tampão SMP para H⁺ + Al³⁺ (SHOEMAKER; McLEAN; PRATT, 1961), e cloreto de cálcio para pH.

Com base nos resultados da análise, procedeu-se à adubação de base, seguindo as Indicações Técnicas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para o Estado do Paraná (FRONZA; CAMPOS; RIEDE, 2008), com a aplicação de 10 kg ha⁻¹ de N, 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O na semeadura (200 kg ha⁻¹ da fórmula 5-10-20). A semeadura do trigo foi realizada, por meio do sistema plantio direto, sob restos culturais de soja. Os tratamentos culturais foram efetuados conforme recomendações técnicas para a cultura do trigo (FRONZA; CAMPOS; RIEDE, 2008).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados, com 18 tratamentos e quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 3 × 6, correspondendo a três cultivares de trigo (CD 104, CD 150 e CD 116) e seis fontes de N, conforme seguem: T₁: Ureia – (~45% de N) aplicada em cobertura – 85 kg ha⁻¹ de N; T₂: Azo – inoculante *Azospirillum brasilense* via semente sob a forma de turfa em pó, aplicado 10 g kg⁻¹ de semente misturado com água; T₃: Azo + N – inoculante *Azospirillum brasilense* acrescido de ureia – aplicado em cobertura – 85 kg ha⁻¹ de N; T₄: (Zn+N) + N de cobertura, sendo que (Zn+N) aplicado na semente; o Zn foi usado na forma de óxido de zinco ZnO (total de 8,50% Zn)

com N na forma de nitrogênio amoniacal NH_3 (total de 7% N) aplicado $1,25 \text{ mL kg}^{-1}$ de semente, acrescido de ureia em cobertura – 85 kg ha^{-1} de N; T_5 : (Zn + N) aplicado na semente na forma de óxido de zinco ZnO (total de 8,50% Zn) com N na forma de nitrogênio amoniacal NH_3 (total de 7% de N) aplicado $1,25 \text{ mL kg}^{-1}$ de semente; T_6 : controle.

Os tratamentos T_4 e T_5 (com Zn+N: solução líquida derivada de óxido de zinco com amônia anidra) foram pulverizados com vaporizador manual, calibrado com pipeta milimétrica acrescida de água destilada até atingir 5 mL de solução, aplicando em um kg de sementes espalhadas em superfície uniforme. A ureia combinada com os tratamentos T_1 , T_3 e T_4 foi aplicada em cobertura no estádio 20 (afilhamento), de acordo com a escala fenológica de Zadoks, sendo esta a época de aplicação recomendada pelos estudos de Bredemeier e Mundstock (2001).

As parcelas constituíram-se de seis linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento de 0,17 m entre si, sendo a área útil das unidades experimentais de $5,1 \text{ m}^2$ e a bordadura em torno do experimento com o mesmo espaçamento entre as parcelas. A área útil constitui a área da própria parcela devido à utilização de colheita mecânica.

A colheita foi realizada no estádio de maturidade fisiológica. Foram consideradas plantas fisiologicamente maduras quando as espigas perderam a coloração verde, mas os nós dos colmos ainda se mantinham verdes.

Foram avaliados cinco caracteres de importância agrônômica:

- Número de espigas por metro (NEM). Realizou-se a contagem do número de espiga/planta em duas linhas de um metro de comprimento, obtendo-se duas observações deste caracter por parcela;
- Número de grãos por espiga (NGE). Na colheita, foram coletadas cinco plantas, na área útil de cada parcela, retirando aleatoriamente cinco espigas por planta, sendo contado o número de grãos por espiga;
- c) Peso do hectolitro – kg hL^{-1} (PH). Foi medido em um recipiente de um litro com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida) e transformado em kg hL^{-1} pela tabela oficial de peso hectolitro para cereais;
- Massa de mil sementes – g (MMS). Para a determinação, foram contadas, ao acaso, quatro amostras de 100 sementes puras para cada cultivar. Em seguida, essas amostras foram pesadas em balança de precisão 0,001 g, com teor de água dos grãos corrigido para 13% (base úmida). Os valores médios foram expressos em gramas, transformados para mil sementes;
- Rendimento de grãos – kg ha^{-1} (RG). Para a determinação do rendimento de grãos, foi colhida a área útil da parcela ($5,1 \text{ m}^2$), utilizando-se uma colhedora de parcelas. O trigo colhido foi limpo e seco até atingir massa constante para determinação da produtividade e corrigida a massa dos grãos para 13% de umidade. Posteriormente, foi estimado o rendimento de grãos por área.

Antes de submeter os dados à análise de variância, foram realizados os pressupostos básicos de normalidade dos resíduos e homocedasticidade das variâncias, utilizando os testes de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk; $p > 0,05$) e de homocedasticidade das variâncias (teste de Levene; $p > 0,05$),

por meio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). Comprovadas a normalidade dos dados e a homogeneidade de variância, foram realizadas as análises de variância dos dados. As médias das cultivares, em cada combinação de fontes de N, foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974), $p \leq 0,05$.

3 Resultados e Discussão

As características RG e NEM não apresentaram diferenças ($p < 0,05$) para os tratamentos com fontes de N para cada cultivar (Tabela 1). Esse fato pode ser explicado em razão de a cultura antecedente ter sido uma leguminosa, a soja, que apresenta grande capacidade de fixar o N atmosférico e incorporar ao solo (WENDLING et al., 2007).

Por meio dos tratamentos-controle que não receberam nitrogênio de cobertura, pode-se supor que o N-total do solo forneceu quantidade de N necessária durante o desenvolvimento da cultura. Em função disso, as características RG e NEM não foram significativas para o teste de desdobramento de fontes de N dentro de cada cultivar.

Neste experimento, supõe-se que o aporte residual dos resíduos de soja e o alto teor de MO de $31,5 \text{ g kg}^{-1}$, conforme a análise de solo, podem ter sido suficientes, de acordo com a literatura, para suprir as necessidades da cultura, o que pode ter colaborado para a não verificação de diferença significativa dos tratamentos com incremento de N.

Os resíduos da soja são de baixa relação C:N, próxima a 20, e mostra-se possível que a cultura do trigo possa ser beneficiada de um efeito sinérgico sobre a mineralização de N da matéria orgânica do solo, pois a relação C:N determinará o processo de decomposição, mineralização e disponibilidade de nitrogênio (N) para as plantas (ZOTARELLI et al., 1999).

Nos estudos de Zotarelli et al. (1999), os resíduos da soja proporcionaram um aumento médio de 25 kg ha^{-1} na disponibilidade de N do solo para a cultura do trigo em ambos os sistemas de produção, convencional e sistema de plantio direto. Ainda neste trabalho, a exportação de N nos grãos de trigo, observada nos tratamentos com resíduos de soja em ambas as formas de plantio, foi, em média, 54 kg ha^{-1} de N.

A aplicação recomendada de nitrogênio para a semeadura de trigo após a soja é de 35 kg ha^{-1} de N para solo com 20 a 30 g kg^{-1} de MO, em anos que apresentam boas condições climáticas, nos quais a expectativa de produtividade é alta (WENDLING et al., 2007). Este valor está abaixo da dose de 85 kg ha^{-1} de N no presente estudo, uma vez que deve ser considerada a interação genótipos por ambientes.

Em 168 experimentos desenvolvidos na cultura do trigo em condições de campo, por dois anos, nos municípios de Maracá, Assis e Cruzália, no Estado de São Paulo (MASCARENHAS et al., 2011), revisados por Camargo et al. (1990), resultaram em respostas positivas quanto à produtividade com a aplicação de doses crescentes de nitrogênio, sendo apenas 34 deles irrigados por aspersão e 67, em condições de sequeiro. Nos demais, não foram verificados efeitos para produtividade, pelo fato de os mesmos terem sido instalados em áreas anteriormente cultivadas com soja.

No experimento de trigo irrigado no cerrado, com as cultivares EMBRAPA 22 e EMBRAPA 42 em sistema de plantio direto após a cultura da soja, obteve-se a produtividade

máxima estimada de 6.370 kg ha⁻¹ na dose de 173 kg ha⁻¹ (TRINDADE et al., 2006). Prando et al. (2012), testando a resposta a doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) sobre o RG, encontraram efeito linear crescente, ou seja, não foi possível determinar a máxima resposta agrônômica para o rendimento de grãos em relação às doses crescentes de N de até 120 kg ha⁻¹, o que sugere aumento das doses dependendo das condições edafoclimáticas.

Torna-se evidente a necessidade de mais estudos na identificação de cultivares e condições edafoclimáticas para a recomendação de N na cultura do trigo em razão da interação genótipo por ambiente.

A cultivar CD104 apresenta o maior RG no tratamento-controle comparado com CD 116 e CD 150 (Tabela 1), fato explicado pelo maior número de grãos por espiga (NGE). Porém, a resposta da cultivar CD 150 para o RG tornou-se semelhante à da cultivar CD 104, quando utilizados os tratamentos T₂, T₃ e T₄. Isso é explicado pelo fato de a cultivar CD 150 compensar nos componentes do rendimento de PH, MMS no T₂ e NEM no T₂ e T₄ em relação à CD 104, diferenças essas inerentes às características genéticas das cultivares na resposta ao nitrogênio.

A cultivar CD 150 teve o maior aumento de PH, quando utilizados T₁, T₂ e T₅, em relação ao tratamento-controle (T₀). Entretanto, o PH na cultivar CD 104 não foi modificado em relação aos tratamentos utilizados (Tabela 1), não sendo detectado incremento significativo para esta característica.

Trindade et al. (2006) observaram a redução no peso do hectolitro com o incremento da adubação nitrogenada mineral nas cultivares EMBRAPA 22 e EMBRAPA 42. Porém, para a cultivar BRS Pardela, o incremento de N não influenciou o PH. Com a utilização de níveis de N e a inoculação com *Azospirillum* sp. RAM-7 na cultivar de trigo OR-1, também não houve resposta significativa para PH (DALLA SANTA et al., 2008).

O PH é importante, pois serve como parâmetro para a comercialização de grãos, uma vez que, na prática, o valor recebido pelo produtor é menor quando o peso hectolítrico se apresenta abaixo de 78 kg hL⁻¹ (TRINDADE et al., 2006).

Os genótipos CD 104, CD116 e CD 150 obtiveram PH acima do parâmetro de comercialização nos tratamentos-controle, demonstrando que o N-total no solo foi suficiente para obter valores de PH acima de 78 kg hL⁻¹.

Tabela 1. Número de grãos por espiga (NGE), número de espigas por metro (NEM), massa de mil sementes (MMS), peso do hectolitro (PH) e rendimento de grãos (RG), de três cultivares de trigo submetidas a fontes de N.

Cultivares	Fontes de N ⁽¹⁾					
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
	RG ⁽¹⁾ (kg ha ⁻¹)					
CD 104	5772,6 a A	5372,6 a A	5109,8 a A	5545,1 a A	5481,4 a A	5658,8 a A
CD116	4721,6 a B	4546,1 a B	4752,0 a A	4627,5 a B	4926,5 a B	4989,2 a B
CD 150	5172,6 a B	5132,4 a A	5322,6 a A	5353,9 a A	5049,0 a B	5105,9 a B
CV 1 (%):	7					
	PH ⁽²⁾ (kg hL ⁻¹)					
CD 104	81,5 a B	82,4 a B	81,5 a B	82,2 a A	82,2 a B	82,2 a B
CD116	83,1 b B	84,3 b A	85,4 a A	83,3 b A	85,9 a A	85,4 a A
CD 150	86,1 a A	85,9 a A	83,3 b B	83,3 b A	86,3 a A	84,3 b A
CV 1 (%):	2					
	MMS ⁽²⁾ (g)					
CD 104	36,1 b B	33,9 b C	39,5 a A	36,5 b B	35,9 b C	39,9 a A
CD116	42,4 a A	41,6 a B	40,6 a A	44,4 a A	40,8 a B	39,1 a A
CD 150	43,3 a A	46,8 a A	39,8 b A	40,0 b B	45,1 a A	41,6 b A
CV 1 (%):	7					
	NEM ⁽³⁾					
CD 104	62,1 a A	56,6 a B	61,6 a A	59,0 a B	56,4 a A	58,5 a A
CD116	57,9 a A	54,5 a B	59,9 a A	56,5 a B	57,0 a A	56,4 a A
CD 150	71,6 a A	67,9 a A	67,9 a A	70,9 a A	62,0 a A	65,8 a A
CV 1 (%)	19				CV 2 (%)	13
	NGE ⁽⁴⁾					
CD 104	57,1 a A	48,3 b A	53,8 a A	53,1 a A	53,7 a A	47,3 b A
CD116	48,4 a B	42,2 b B	51,6 a A	43,7 b B	43, b B	41,7 b B
CD 150	40,4 a C	36,3 a C	35,2 a B	35,6 a C	39,3 a B	38,3 a B
CV 1 (%)	16				CV 2 (%)	15

⁽¹⁾ Média harmônica (MH) de quatro repetições; ⁽²⁾ MH de oito repetições; ⁽³⁾ MH de 20 repetições; ⁽⁴⁾ T₁: N-Cob; T₂: Azo; T₃: Azo + N-Cob; T₄: (Zn+N) via semente + N-Cob; T₅: (Zn+N) via semente; T₆: Testemunha. Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, dentro de cada variável, não diferem pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CV 1 = Coeficiente de variação via erro experimental; CV 2 = Coeficiente de variação via erro amostral (cinco observações por parcela para o caráter NGE e duas observações por parcela para NEM).

Para a MMS, a cultivar CD 104 apresentou respostas negativas quando usados os tratamentos T_1 , T_2 , T_4 e T_5 , comparados com o tratamento controle (T_6), evidenciando que este genótipo prioriza o número de grãos por espiga. Ocorre, assim, um aumento significativo desta característica quando utilizadas fontes com N e reduz-se, desta forma, a MMS.

Existem correlações positivas entre doses de N em cobertura e o número de grãos por espiga, e efeito negativo entre doses de N e massa de mil sementes. O incremento na dose de N aplicada reduz o abortamento de perfilhos e aumenta o número de grãos por espiga, enquanto o suprimento de N pouco contribui para o aumento da massa das sementes, ocasionando diminuição em algumas cultivares (FRIZZONE et al., 1996). Esse fato pode ser atribuído à maior competição entre os grãos por fotoassimilados dentro da espiga, resultando na redução da massa unitária das sementes (FRIZZONE et al., 1996; TEIXEIRA FILHO et al., 2010).

A MMS aumentou na cultivar CD 150 com os tratamentos T_1 , T_2 e T_5 , devido ao fato de este genótipo apresentar eficiência em compensar o RG por meio do componente MMS e PH, uma característica inerente desta cultivar. Esta apresenta, ainda, menor número de grãos por espigas (NGE), comparada à CD 104, e permanece inalterada com os tratamentos utilizados neste estudo. Para característica NGE na cultivar CD 104, o incremento foi devido ao N mineral em cobertura e não ao efeito da fixação biológica.

A cultivar CD 150 apresenta melhor resposta em relação à cultivar CD 116 para a característica RG, quando utilizados os tratamentos T_2 e T_4 . Isso indica maior capacidade de afilhamento inerente à resposta a este tratamento para a cultivar CD 150, ocorrendo o incremento significativo no componente do rendimento número de espigas por metro (NEM).

O NEM é o componente do rendimento mais importante em plantas de trigo sob alta densidade, pois perfilhos produtivos é um caráter referencial visando ao incremento no rendimento de grãos (SANGOI et al., 2007), pelo fato de este modificar o índice de área fotossinteticamente ativa e a capacidade de demanda, pelo maior número de grãos e espigas por unidade de área (ALVES; MUNDSTOCK; MEDEIROS, 2000).

Para a cultivar CD 116, os tratamentos T_1 e T_3 aumentaram NEM sem afetar a MMS, demonstrando que o genótipo apresenta um bom balanço na compensação dessas duas características para os tratamentos utilizados neste estudo.

Os tratamentos com (Zn+N) + Ncob (T_4) e (Zn+N) (T_5) não incrementaram significativamente as características RG, PH, MMS, NEM e NGE, exceto para a característica PH no genótipo CD150, utilizando-se somente (Zn + N) aplicado via semente (T_5). Esses resultados não significativos com Zn se devem ao fato de o teor de Zn do solo utilizado ter sido de 2,0 mg dm⁻³, o que é considerado alto, conforme a tabela de limite de interpretação de micronutrientes (GALRÃO, 2002), em que teores de Zn > 1,6 mg dm⁻³ (Mehlich 1) entram na classificação de alto teor de Zn. Em trabalhos de pesquisa desenvolvidos no Paraná, não têm sido constatadas respostas do trigo a micronutrientes para a característica de RG (FRONZA; CAMPOS; RIEDE, 2008).

Para os tratamentos com *Azospirillum* T_2 e T_3 , não houve diferenças significativas nas características RG, PH, MMS e NEM para cada cultivar em relação ao tratamento-

controle, corroborando os resultados de Campos, Theisen e Gnatta (1999) que, trabalhando com o inoculante à base de *Azospirillum* e N mineral na semeadura e em cobertura para a cultura de trigo, sob resteva de soja, não encontraram diferenças significativas para o rendimento de grãos e para o número de espiga por metro quadrado.

Aumentos significativos no rendimento de grãos por meio da inoculação com *Azospirillum* têm sido previamente obtidos em campos com baixos níveis de fertilização nitrogenada ou sem qualquer adição de N (DIDONET; RODRIGUES; KENNER, 1996). Existem muitos relatos de respostas positivas da inoculação de bactérias diazotróficas associadas à cultura do trigo (ROESCH et al., 2005; SALA et al., 2007; HUNGRIA et al., 2010), havendo, entretanto, outros relatos de que não houve efeito da inoculação (CAMPOS et al., 1990; OGÜT et al., 2005). Em condições de campos, os resultados obtidos entre pesquisadores não são repetidos, pois há uma complexa interação planta-bactéria-ambiente (SALA et al., 2008).

O genótipo da planta e a escolha da(s) cepa(s) bacteriana(s) são fatores-chave para obtenção dos benefícios causados por bactérias diazotróficas endofíticas (ROESCH et al., 2006; HUNGRIA et al., 2010).

A inconsistência de resultados é principalmente atribuída às características do solo, como o teor de matéria orgânica (DOBBELAERE et al., 2002). Os componentes da microflora são considerados como responsáveis por esta variação de respostas à inoculação, nos diversos trabalhos com *Azospirillum* (DOBBELAERE et al., 2001).

4 Conclusões

A necessidade de N para o rendimento de grãos nas cultivares CD 104, CD 150 e CD 116 foi suprida com o plantio direto em restos culturais de soja nas condições edafoclimáticas do município de Palotina-PR.

A característica de número de grãos por espiga (NGE) na cultivar CD104 contribuiu fortemente para o rendimento de grãos (RG).

A cultivar CD 150 compensou nos componentes do rendimento de PH e MMS no T_2 , e NEM no T_4 , tornando-se o rendimento de grãos semelhante ao da cultivar CD 104.

A cultivar CD 150 aumentou o PH, quando utilizados os tratamentos T_1 , T_2 e T_5 .

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Estadual de Maringá (UEM) e à Coodetec, pelo apoio científico e financeiro no desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- ALVES, A. C.; MUNDSTOCK, C. M.; MEDEIROS, J. D. Sistema vascular e controle do desenvolvimento de perfilhos em cereais de estação fria. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-8404200000100007>
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio

- no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25 p. 189-197, 2001.
- BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000200001>
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p. 317-323, 2001.
- CAMARGO, C. E. O.; FELICIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FREITAS, J. G.; PETINELLI JÚNIOR, A.; RAMOS, V. J.; KANTHACK, R. A. D. *Adubação N, P, K e S para cultura do trigo no Estado de São Paulo*. Campinas: IAC, 1990. 33 p. (Boletim Técnico, n. 129).
- CAMPOS, B. C.; THEISEN, S.; GNATTA, V. Avaliação do inoculante “Graminante” nas culturas de trigo e aveia. *Ciência Rural*, v. 29, p. 401-407, 1999. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84781999000300004>
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFSRS/SC. *Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Porto Alegre: SBSC, Núcleo Regional Sul, 2004. 394 p.
- DALLA SANTA, O. R.; DALLA SANTA, H. S.; FERNANDEZ, R.; MICHELENA, G. L.; RONZELLI JUNIOR, P.; SOCCOL, C. R. Influence of *Azospirillum* sp. inoculation in wheat barley and oats. *Ambiência*, v. 4, n. 2, p. 197-207, 2008.
- DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M. H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 31, p. 645-651, 1996.
- DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLERO-MELLADO, J.; AGUIRRE, J. F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Response of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. *Australian Journal of Plant Physiology*, v. 28, p. 871-879, 2001.
- DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. *Biology and Fertility of Soils*, v. 36 p. 284-297, 2002. <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-002-0534-9>
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos; Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.
- FRIZZONE, J. A.; MELLO JÚNIOR, A. V.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 31, n. 6, p. 425-434, 1996.
- FRONZA, V.; CAMPOS, L. A. C.; RIEDE, C. R. (Org.). *Informações técnicas para a safra 2008: trigo e triticale*. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 147 p. (Embrapa Soja Documentos, n. 301).
- GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado – correção do solo e adubação*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. cap. 8, p. 185-226.
- GLASENER, K. M.; WAGGER, M. G.; MACKOWN, C. T.; VOLK, R. J. Contributions of shoot and roots nitrogen-15 labeled legume nitrogen source to a sequence of three cereal crop. *Soil Science Society of American Journal*, v. 66, p. 523-530, 2002. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2002.0523>
- GRAHAM, R. D.; WELCH, R. M. *Breeding for staple food crops with high micronutrient density*. Washington: International Food Policy Research Institute, IFPRI, 1996. 73 p.
- GUPTA, U. C. Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B.; ABREU, C. A. *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.13-31.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M. S.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and Soil*, v. 331, p. 413-425, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0>
- MASCARENHAS, H. A. A.; ESTEVES, J. A. F.; WUTKE, E. B.; LEÃO, P. C. L. Nitrogênio residual da soja na produtividade de gramíneas e do algodão. *Nucleus*, v. 8, n. 2, p. 15-34, 2011. <http://dx.doi.org/10.3738/1982.2278.642>
- MEHLICH, A. *Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH4*. Publ. 1-53. Raleigh: North Carolina Soil Test División, MIMCO, University of North Carolina, 1953.
- OGÜT, M.; AKDAG, C.; DUZDEMIR, O.; SAKIN, A. M. Single and double inoculation with *Azospirillum/Trichoderma*: The effects on dry bean and wheat. *Biology and Fertility of Soils*, v. 41 p. 262-272, 2005. <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-004-0818-3>
- OKON, T.; LABANDERA-GONZALEZ, C. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology Biochemistry*, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90311-5](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(94)90311-5)
- PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, E. A. P.; PANOFF, B. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 34, n. 2, p. 272-279, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000200012>
- QUADROS, P. D. *Inoculação de Azospirillum sp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul*. 2009. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.
- REIS JUNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; SODEK L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. *Revista*

Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 1139-1146, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000300022>

ROESCH, L. F.; CAMARGO, F. O.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. S. Reinoculação de bactérias diazotróficas aumentando o crescimento de plantas de trigo. *Ciência Rural*, v. 35 p. 1201-1204, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000500035>

ROESCH, L. F. W.; OLIVARES, F. L.; PASSAGLIA, L. P. M.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S.; CAMARGO, F. A. O. Characterization of diazotrophic bacteria associated with maize: effect of plant genotype, ontogeny and nitrogen-supply. *World Journal of Microbiology e Biotechnology*, v. 22, n. 9, p. 967-974, 2006. <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-006-9142-4>

SANGOI, L.; BERNS, A. C.; ALMEIDA, M. L.; ZANIN, C. G.; SCHWEITZER, C. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. *Ciência Rural*, v. 37, n. 6, p. 1564-1570, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600010>

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 6, p. 833-842, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000600010>

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Novas bactérias diazotróficas endofíticas na cultura do trigo em interação com a adubação nitrogenada, no campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 3, p. 1099-1106, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000300018>

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. *Biometrics*, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974. <http://dx.doi.org/10.2307/2529204>

SHOEMAKER, H. E.; McLEAN, E. O.; PRATT, P. F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. *Soil Science Society of America Proceedings*, v. 25 p. 274-277, 1961. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1961.03615995002500040014x>

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.

TRINDADE, M. G.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B.; CÂNOVAS, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 1, p. 24-29, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000100004>

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. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 26, n. 2, p. 141-148, 2005.

WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; CUBILLA, M.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; LOVATO, T. Recomendação de adubação nitrogenada para o trigo em sucessão ao milho e soja sob sistema de plantio direto no Paraguai. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 985-994, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000500015>

ZOTARELLI, L.; TORRES, E.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. *Efeito da sucessão soja/trigo no balanço de N em sistema de plantio direto e convencional*. Seropédica: EMBRAPA-CNPAB, 1999. p. 1-7 (Embrapa-CNPAB. Comunicado Técnico, n. 29). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/27158/1/cot029.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2012.