

ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA E COMPONENTES DA PRODUÇÃO DO TRIGO EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

OHSE, Silvana¹
ANTUNES, Júlio Cesar Gomes²

RESUMO

As regiões sul e centro-sul do Brasil, durante o período de inverno, têm no trigo uma opção de cultura economicamente viável e fundamental. Estratégias que visam minimizar os custos de produção são imprescindíveis em um mercado instável como o do trigo. Neste contexto, evitar que adubações nitrogenadas sejam sub ou superestimada, reduzindo a renda dos agricultores, seja pela redução do rendimento de grãos ou pelo gasto desnecessário com o fertilizante torna-se essencial. Para tanto, tem-se utilizado o índice relativo de clorofila para predizer a necessidade de adubação nitrogenada em cobertura. Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta das leituras do clorofilômetro SPAD frente a cinco doses (0, 30, 60, 90, 120 kg ha⁻¹) e duas fontes de nitrogênio (nitrato de amônio e Nitro LL[®]) aplicadas em cobertura na cultura do trigo, cv. Supera, constituindo um fatorial 5x2, e conduzido em delineamento blocos casualizados com 5 repetições, na Fazenda Diamantina Tibagi-PR. O índice relativo de clorofila total (IRC) ou índice SPAD foi determinado em quatro estádios fenológicos, no perfilhamento, elongação, embrorrhachamento e espigamento. A produtividade e o peso do hectolitro foram maiores quando da utilização da fonte nitrato de amônio em relação a Nitro LL[®]. A dose de 81,45 kg de N ha⁻¹ possibilitou estimar a produtividade em 2.853,98 kg ha⁻¹, e a dose 36,33 kg de N ha⁻¹ o peso do hectolitro máximo em 74,33 kg hL⁻¹. As leituras realizadas nos estádios de embrorrhachamento e espigamento demonstraram IRC crescentes com o acréscimo na suplementação de nitrogênio em cobertura, não apresentando correlação positiva com a produtividade. Para as condições em que o estudo foi desenvolvido conclui-se que, o IRC não foi eficiente para predizer a adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do trigo, cv. Supera.

PALAVRAS-CHAVE: *Triticum aestivum* L., SPAD, Nitro LL[®], nitrato de amônio.

RELATIVE CHLOROPHYLL INDEX AND WHEAT PRODUCTION COMPONENTS AS A FUNCTION OF NITROGEN SOURCES AND DOSES

ABSTRACT

The south and central-south regions of Brazil, during the winter period, have wheat as an economically viable and essential crop option. Strategies aimed at minimizing production costs are essential in an unstable market like wheat. In this context, preventing nitrogen fertilization from being under or overestimated, reducing farmers' income, either by reducing grain yield or by unnecessary spending on fertilizer becomes essential. Therefore, the relative chlorophyll index has been used to predict the need for nitrogen fertilization in coverage. Thus, the aim of this work was to evaluate the response of the SPAD chlorophyllometer readings against five doses (0, 30, 60, 90, 120 kg ha⁻¹) and two nitrogen sources (ammonium nitrate and Nitro LL[®]) applied in top dressing in wheat crop, cv. Supera, constituting a 5x2 factorial, and conducted in a randomized block design with 5 replications, at Diamantina Farm, Tibagi-PR. The relative chlorophyll index (RCI) or SPAD index was determined at four phenological stages, in tillering, elongation, booting and earing stages. The productivity and the hectoliter weight were higher when using the ammonium nitrate source compared to Nitro LL[®]. The dose of 81.45 kg of N ha⁻¹ made it possible to estimate the productivity at 2,853.98 kg ha⁻¹, and the dose of 36.33 kg of N ha⁻¹ the maximum hectoliter weight at 74.33 kg hL⁻¹. The readings carried out in the booting and spiked stages showed increasing RCI with the increase in nitrogen supplementation in coverage, showing no positive correlation with productivity. For the conditions in which the study was developed, it can be concluded that the RCI was not efficient to predict the nitrogen fertilization in coverage for the wheat crop, cv. Supera.

KEYWORDS: *Triticum aestivum* L., SPAD, Nitro LL[®], ammonium nitrate.

¹ Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade da Universidade Estadual de Ponta Grossa/UEPG, Campus Uvaranas, Av. General Carlos Cavalcanti-4748, 84030-900, Ponta Grossa/PR. E-mail: sohse@uepg.br

² Engenheiro Agrônomo. E-mail: julioantunes@msn.com

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é cultivado a mais de 5.000 a.C., tornando-se componente básico na alimentação humana para os mais variados povos (BRUNETTA *et al.*, 2004). No Brasil, não é diferente, principalmente se considerarmos a colonização portuguesa, eximia na área de panificação. As regiões sul e centro-sul do Brasil apresentam condições edafoclimáticas favoráveis ao seu cultivo, razão pela qual apresentam as maiores produções (CONAB, 2021a). Entretanto, seu cultivo, nas últimas décadas não teve aumentos significativos devido ao baixo valor comercial, ao alto custo de produção e a suscetibilidade às variações climáticas da época de cultivo. Este cenário pode estar em transição, uma vez que o mercado doméstico, em março de 2021 denotou valorização nas cotações, no entanto, tal valorização é atribuída à retração na moagem, decorrente da redução na demanda por derivados de trigo no país. É importante frisar que o Brasil não é autossuficiente em produção de trigo, importando cerca de 50% do que é consumido anualmente (CONAB, 2021a).

A estimativa de produção de trigo para a safra 2021 é de 6.371 mi t, entretanto o consumo gira em torno de 11.803 mil t, razão pela qual a importação será de 6.400 mil t (CONAB, 2021a). A área plantada aumentou 1,6% em relação à safra 2020, estimando-se que a produção aumente 2,2% e a produtividade 0,6%, apresentando média estimada em 2.678 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021a). O Paraná é hoje o maior produtor brasileiro de trigo, apresentando estabilidade na cotação semanal em torno de R\$ 81,85 por saca de 60 kg (CONAB, 2021b). A área cultivada com trigo no estado do Paraná aumentou 1,6% (1158,1 mil ha) em relação à safra 2020, todavia, estima-se que haja redução de 1,8% na produção (3033,1 mil t) e de 5,2% na produtividade (2.619 kg ha⁻¹) (CONAB, 2021a), reduções estas que podem estar associadas ao clima, e/ou ao manejo.

Ante o exposto, constata-se a necessidade em se aumentar a produção de trigo, seja pelo fato do Brasil vir a se independentizar das importações, seja pela maximização do potencial produtivo da cultura. A cultura do trigo é altamente dependente dos nutrientes essenciais, dentre eles, o nitrogênio (N) é o exigido em maior quantidade, proporcionando elevados incrementos na produtividade. Por outro lado, assim como a deficiência de N reduz a produtividade, altas doses podem acarretar acamamento, comprometendo não só a produção, mas a qualidade de grãos (THEAGO *et al.*, 2014; ZAGONEL *et al.*, 2002a; ZAGONEL *et al.*, 2002b). A adubação nitrogenada é recomendada em função da cultura antecessora, assim quando o trigo for semeado em área cultivada com soja por mais de 3 anos, preconiza-se a aplicação de 5 a 15 kg ha⁻¹ de N na base, dispensando-se a adubação em cobertura se a produtividade desejada for menor que 1.800 kg ha⁻¹, quando há possibilidade de obtenção de maior potencial produtivo indica-se a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Em

contrapartida, em áreas de plantio direto, quando o trigo for cultivado após milho, sugere-se a aplicação de 5 a 15 kg ha⁻¹ de N na base e 30 kg ha⁻¹ em cobertura (CBPTT, 2020).

De acordo com a literatura mais da metade do N aplicado no solo é imobilizado ou perdido por volatilização ou lixiviação, podendo reduzir significativamente o perfilhamento (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002; MALAVOLTA, 2006). Dentre as estratégias que visam aumentar ou melhorar a eficiência do manejo de N em cobertura, aumentando sua eficiência de uso por meio de aplicações em função da necessidade da planta, têm-se utilizado o índice relativo de clorofila (IRC) mensurado na folha através de clorofilômetro em diferentes estádios fenológicos (RAMBO *et al*, 2007; HOLLAND; SCHEPERS, 2010). O IRC ou índice SPAD correlaciona-se positivamente com os teores de clorofila foliar e com os teores de N extraível da planta, bem como, com a produtividade das culturas (PÔRTO *et al*, 2011). Desta forma, a utilização de medidores eletrônicos de clorofila propicia a obtenção de valores de referência, de maneira não destrutiva, em diferentes estádios fenológicos das plantas, possibilitando monitorar e adequar o N quando necessário (ARGENTA *et al*, 2001).

Devido à variabilidade edafoclimática e de manejo existente nos ambientes de produção, torna-se de fundamental importância o desenvolvimento de pesquisas regionalizadas, visando obter dados correlacionados entre leitura do índice relativo de clorofila e o potencial produtivo da cultura do trigo. Em razão do exposto, o objetivo principal deste trabalho foi determinar o índice relativo de clorofila, em diferentes folhas e estádios fenológicos, visando diagnosticar o estado de N em trigo, cultivar Supera em função de fontes e doses de N aplicadas em cobertura, correlacionando-os com o teor de N foliar e com a produtividade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado a campo na Fazenda Diamantina, latitude 24°51'20"S, longitude 49°55'52"W e altitude de 973 m, no município de Tibagi/PR, em sistema de semeadura direta na palha, utilizando a cultivar de trigo Supera, desenvolvida pela OR Melhoramento de Sementes Ltda. (OR SEMENTES, 2009), realizada no dia dois de junho de 2009. O clima da região, segundo a classificação de Köeppen é Cfb, ou seja, sem estação seca e com geadas severas demasiadamente frequentes. A média da precipitação pluvial anual na região varia entre 1.300 a 1.600 mm. A temperatura média do mês mais frio varia entre 18 a -3°C (PEEL *et al*, 2007). O solo da área é classificado como Cambissolo eutrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006) cujas características constam na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização química do solo na área experimental, nas profundidades (Prof.) 0-20 e 20-40 cm. Tibagi/PR.

Prof.	P	M.O.	pH	H+ Al	K	Ca	Mg	S.B.	CTC	V %	Argil a	Silte a	Arei a
	cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³				mmolc dm ⁻³						g kg ⁻¹
0-20	40	49,7	5,3	41	1,8	62	25	88,8	129, 3	69	656	169	124
20-40	8	32,6	5,2	38	0,9	34	16	50,6		57	671	174	126

H+Al= Solução tampão SMP; Ca e Mg trocáveis= KCl 1 mol L⁻¹; P e K= Mehlich-1 e C-orgânico =Walkley-Black. CTC efetiva. M.O.= matéria orgânica; V= saturação por bases.

Os tratamentos resultaram da combinação de duas fontes de nitrogênio (nitrato de amônio [NH₄NO₃, 32% de N] e Nitro LL[®], 33% de N) em cinco doses (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura, constituindo um fatorial 2 x 5, perfazendo 10 tratamentos, arranjados em delineamento blocos casualizados com 5 repetições, totalizando 50 unidades experimentais. As parcelas ou unidades experimentais foram compostas de 18 fileiras de 7,0 m de comprimento, espaçadas entre si em 0,17 m, e a população foi em torno de 305 plantas m⁻², calculada em função da recomendação para a cv. Supera. Considerou-se como área útil às 10 fileiras centrais de cada parcela, desprezando-se 0,50 m em cada extremidade, totalizando 10,2 m². A fonte Nitro LL[®] é composta por: nitrato de amônio + ureia + inibidor de urease (N-NButyl - thiophosphoric triamide) + inibidor de nitrificação (N-methyl pirrolidone), contendo 33% de N (AGRICHEM, 2009).

As sementes foram previamente tratadas com 35,0 g de thiamethoxam (Cruiser 350 FS) por 100 kg de sementes. O controle químico de plantas daninhas foi realizado utilizando metsulfuron-metílico (na dose de 3 g i.a ha⁻¹) e o controle pragas foi realizado com metamidofós (na dose de 120 g i.a. ha⁻¹). O controle de doenças foi realizado através da pulverização de 87,5 g ha⁻¹ de triadimenol no perfilhamento; de 82,5 g ha⁻¹ da mistura pronta de cyproconazole + propiconazole (Artea) na fase de elongação do colmo e duas aplicações de 84,0 g ha⁻¹ da mistura pronta de cyproconazole + azoxystrobin (Priori Xtra) sendo uma no espigamento e outra na fase de enchimento de grãos. A adubação de base utilizou-se formulação 16-20-00 na dose de 250 kg ha⁻¹. Os tratamentos foram aplicados a lanço, sempre lado das linhas de semeadura no início do perfilhamento.

As variáveis avaliadas foram: número de plantas m⁻²; índice relativo de clorofila (IRC); peso mil grãos, peso do hectolitro e produtividade. O número de plantas m⁻² foi determinado ao sétimo dia após a emergência (DAE) das plântulas, através da contagem do número de plantas em quatro linhas em metro. O IRC foi determinado por meio do medidor portátil de clorofila CLOROPHYLL METER-502, denominado clorofilômetro SPAD (Soil-Plant Analysis Development Section, Minolta). As leituras foram realizadas todas na mesma planta, e nesta sempre em uma folha da porção mediana em

quatro estádios fenológicos, utilizando-se a escala de Feekes ; Large (LARGE, 1954): a primeira na escala 5 a 6 (perfilhamento a primeiro nó visível); a segunda em 7 a 8 (elongação a 2° nó visível); a terceira em 10 (emborrachamento do colmo) e a quarta em Feekes ; Large 10.5 (espigamento completo), realizando-se sempre dez leituras por unidade experimental.

A área útil de cada parcela ($10,2\text{ m}^2$) foi colhida manualmente no dia 10 de outubro de 2009 (131 dias de ciclo), debulhada em máquina debulhadora estacionária, limpa com o auxílio de peneiras e pesada em balança analítica, obtendo-se a produtividade de cada parcela. A seguir, determinou-se o teor de humidade das sementes pelo método de estufa descrito em Brasil (2009), extrapolou-se a produtividade de grãos para quilogramas por hectare (kg ha^{-1}), tendo a humidade corrigida para 13%. Posteriormente, determinou-se o peso de 1000 grãos por meio de pesagem de 10 subamostras de 100 grãos para cada repetição de campo, com auxílio de balança analítica de precisão de um miligrama, em seguida os resultados foram multiplicados por 10 de acordo com Brasil (2009). O peso do hectolitro de grãos (PH) foi determinado por meio da pesagem do volume de 250 mL em balança eletrônica de PH, utilizando cinco repetições por unidade experimental, e os resultados foram expressos em kg hL^{-1} (BRASIL, 2009).

Os dados coletados para cada variável foram submetidos primeiramente à análise da variância a 1% de probabilidade ($p<0,01$), e quando significativos foram estudados por meio da análise de regressão polinomial, utilizando o programa ESTAT (UNESP, 1991). Os gráficos foram gerados no programa Microsoft Office Excel 2007.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da variância não revelou interação entre fontes e doses de N aplicadas em cobertura para as variáveis produtividade, peso do hectolitro (PH) e peso de 1000 grãos (PMG). Entretanto, houve efeito significativo tanto do fator fontes quanto do fator doses de N aplicadas em cobertura para as variáveis produtividade e PH, o que pode ser observado na Tabela 2. Os coeficientes de variação obtidos demonstraram boa precisão experimental, o que segundo Pimentel Gomes (2009) demonstra alta homogeneidade dos dados e baixa variação ao acaso.

Tabela 2. Análise da variância para as variáveis produtividade, peso do hectolitro (PH) e peso de 1000 grãos (PMG) em função de fontes e doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Tibagi/PR.

Causa da variação	GL	Q.M.			
		Produtividade (kg ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)	s	PMG (g)
Blocos	4	458220,17**	0,14 ns		15,55 ns
Fontes de nitrogênio (A)	1	118779,38*	5,41 **		29,49 ns
			4,87**		
Doses de nitrogênio (B)	4	546323,47**	1,30 ns		44,34 ns
			0,63		
A x B	4	47978,63 ns			19,85 ns
Resíduo	36	23648,24			17,32
CV%		5,79	1,08		9,73
Média		2.655,20	73,85		42,76

*significativo a 5% de probabilidade; GL= Graus de liberdade; Q.M.= Quadrado médio

O PMG de trigo, cv. Supera, não foi influenciado pelos fatores fontes e doses de N aplicados em cobertura, apresentando valor médio de 42,76 g. Valor este superior ao informado pela empresa OR Sementes (2009) para a referida cultivar, o qual gira em torno de 39 g, podendo essa diferença ter como justificativa as condições edafoclimáticas e o manejo, uma vez que os fatores estudados não influenciaram a variável em questão. O valor obtido por Pereira *et al* (2017) para a cv. CD 116 foi de 41,68 g, diferença de 1,08 g, a qual provavelmente se deva à variabilidade genética, bem como às condições diferenças edafoclimáticas e no manejo entre os ensaios.

A cultivar de trigo Supera respondeu diferentemente em produtividade às fontes de nitrogênio aplicadas em cobertura, sendo que o nitrato de amônio proporcionou um acréscimo em 3,6% quando comparada a fonte Nitro LL® (Tabela 3). O que ocorre, provavelmente pelo fato do nitrato (NO₃⁻) ser a forma preferencialmente absorvida pelas plantas (MALAVOLTA, 2006; TAIZ *et al*, 2017). Teixeira *et al* (2009) observaram melhores resultados com a utilização da fonte Nitro LL® sobre o desenvolvimento da alface americana quando comparada com a ureia.

Tabela 3 – Produtividade da cultura do trigo, cv. Supera, em função de diferentes fontes de nitrogênio. Tibagi/PR.

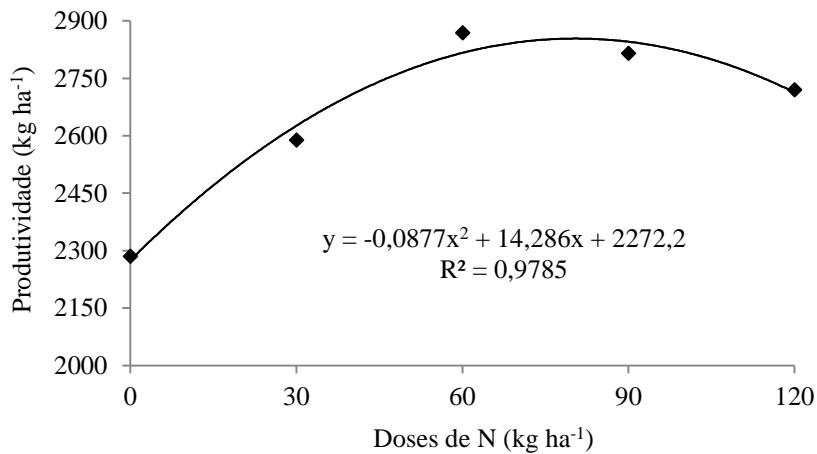
Fontes de N	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Nitrato de amônio	2.703,91 a*
Nitro LL®	2.606,44 b
CV (%)	5,79

*Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

A produtividade foi influenciada pelas doses de N aplicadas em cobertura, independentemente das fontes, ajustando-se a uma equação quadrática. O coeficiente de determinação encontrado

($R^2=0,98$) demonstra que, 97,85% desse efeito, pode ser explicado pela equação ajustada (Figura 1). O maior acréscimo na produtividade do trigo, cv. Supero foi obtido com a dose estimada em 81,45 kg de N ha⁻¹, considerada dose de máxima eficiência técnica, correspondendo ao valor estimado de 2.853,98 kg ha⁻¹ ou 47,57 sacas de 60 kg ha⁻¹, decrescendo a partir desta dose, independentemente da fonte de N utilizado em cobertura. A diferença de produtividade obtida com a aplicação de N em cobertura entre o uso da dose estimada em 81,45 kg de N ha⁻¹ e a não aplicação de N em cobertura (testemunha= 2285,03 kg ha⁻¹) foi de 568,98 kg ha⁻¹, correspondendo a 9,5 sacas de 60 kg ha⁻¹. Considerando que na região dos Campos Gerais em junho de 2021 a saca de 60 kg está sendo comercializada a R\$ 96,00, o ganho bruto seria de aproximadamente R\$ 912,00. À vista disso, e tendo em conta que a tonelada de nitrato de amônio em junho de 2021 se encontra em torno de R\$ 1.250,00 (MFRURAL, 2021), o custo com o fertilizante seria cerca de R\$ 66,00 ha⁻¹, no entanto, é necessário computar os demais custos, tais como aplicação, mão de obra e depreciação de maquinários, o que, infelizmente não foi realizado, porém afigura-se com um resultado compensatório para a condição do ensaio.

Figura 1 – Produtividade da cultura do trigo, cv. Supera, em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Tibagi/PR.



A média de produtividade estimada para a safra 2021 é de 2.678 kg ha⁻¹ e a média na safra 2020 foi de 2.763,0 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021a). Revelando, desse modo, que a aplicação de cerca de 80 kg de N ha⁻¹ no início do perfilhamento do trigo, cv. Supera, propiciou produtividade superior a média nacional. Pereira *et al* (2017) obtiveram 2.573,88 kg ha⁻¹ de trigo, cv. CD 116, com a aplicação de 60 kg de N ha⁻¹ em cobertura associado à inoculação com 200 mL ha⁻¹ de *Azospirillum brasiliensis*, valor este inferior ao obtido neste estudo com a mesma dose (2.813,64 kg ha⁻¹).

O PH é a massa de cem litros de trigo expressa em quilogramas, ou seja, o peso dos grãos por unidade de volume (kg hectolitro⁻¹), informando de forma indireta atributos de qualidade dos grãos,

em especial aqueles relacionados com a moagem. A variável peso do hectolitro (PH) sofreu influência das diferentes fontes de N aplicadas em cobertura independentemente da dose utilizada, sendo que a fonte nitrato de amônio proporcionou um acréscimo de 0,9% no PH quando comparada à fonte Nitro LL® (Tabela 4). Esperava-se que, com a utilização da fonte de N Nitro LL® o PH fosse significativamente aumentado, uma vez que, na descrição da fonte é informado que a mesma disponibiliza o N para a cultura de forma lenta, reduzindo perdas e ampliando o período de fornecimento (AGRICHEM, 2009). Todavia, observou-se o contrário, e por mais que a diferença tenha sido pequena, a fonte nitrato de amônio apresenta a vantagem de ser menos onerosa que a Nitro LL®.

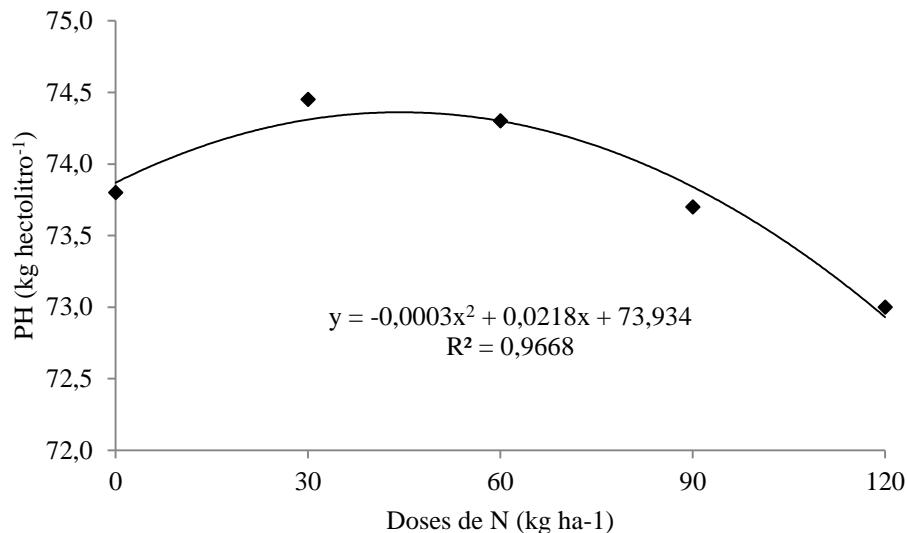
Tabela 4 – Peso do hectolitro de grãos de trigo, cv. Supera, em função de diferentes fontes de nitrogênio aplicadas em cobertura. Tibagi/PR.

Fontes	Peso do hectolitro (kg hL ⁻¹)
Nitrato	74,10 a*
Nitro LL®	73,44 b
CV (%)	1,08

*Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Os resultados da análise da variância revelaram que as doses de nitrogênio aplicadas em cobertura afetaram o peso do hectolitro, independentemente da fonte utilizada, ajustando-se em 96,26% à equação quadrática (Figura 2). O PH aumentou até dose de máxima eficiência técnica estimada em 36,33 kg de N ha⁻¹, correspondendo ao valor estimado em 74,33 kg hL⁻¹, decaindo a partir de deste valor. Valores de PH entre 72 e 75 kg hL⁻¹ para grãos ou cariopses de trigo, são classificados como de qualidade média, segundo Williams *et al* (1988). De acordo com os mesmos autores, valores muito baixos de PH podem indicar ocorrência de problemas durante o ciclo da cultura que tenham afetado o enchimento de grãos e sua qualidade. É importante lembrar que o PH é um método indireto de determinação de qualidade do grão, porém, pode ser útil por fornecer informações importantes sobre as características do grão, tais como a forma, a textura do tegumento, o tamanho e peso, características essas, que podem ser utilizadas na seleção do material genético por agregar valor ao produto. Além das características intrínsecas, o PH também informa sobre a presença de palha, de terra etc., ou seja, sobre características extrínsecas ao material. De acordo com Pereira *et al* (2017), grão de trigo de alta qualidade industrial deve apresentar PH igual ou superior a 78 kg hL⁻¹, considerando grão limpo a 13% de umidade, valor considerado de referência. Deste modo, infere-se que a qualidade apresentada pelos grãos de trigo, cv. Supera, avaliadas por meio do método indireto de PH ficou aquém do valor de referência e da qualidade almejada.

Figura 2 – Peso do hectolitro (PH) da cultura do trigo, cv. Supera em função de doses de N em cobertura. Tibagi/PR.



Para a variável índice relativo de clorofila (IRC) ou índice SPAD nas leituras realizadas nos estádios de perfilhamento (Feekes ; Large 5 a 6) e elongação (Feekes ; Large 7 a 8), a análise da variância não revelou significância para interação entre os fatores fontes e doses de N aplicadas em cobertura, e nem para os fatores em separado. Houve influência das doses de N aplicadas em cobertura sobre o IRC nos estádios fenológicos de emborrachamento do colmo (Feekes ; Large 10) e espigamento completo (Feekes ; Large 10.5) (Tabela 5). O IRC variou de 32,98 a 47,93, o que segundo Zuffo *et al* (2012) é resultado de uma soma de fatores além do estádio fenológico em que foi avaliado, tais como: tipo e quantidade de resíduo da cultura anterior, período de estabelecimento do plantio direto, condições edafoclimáticas, resposta à adubação nitrogenada nos anos anteriores entre outros.

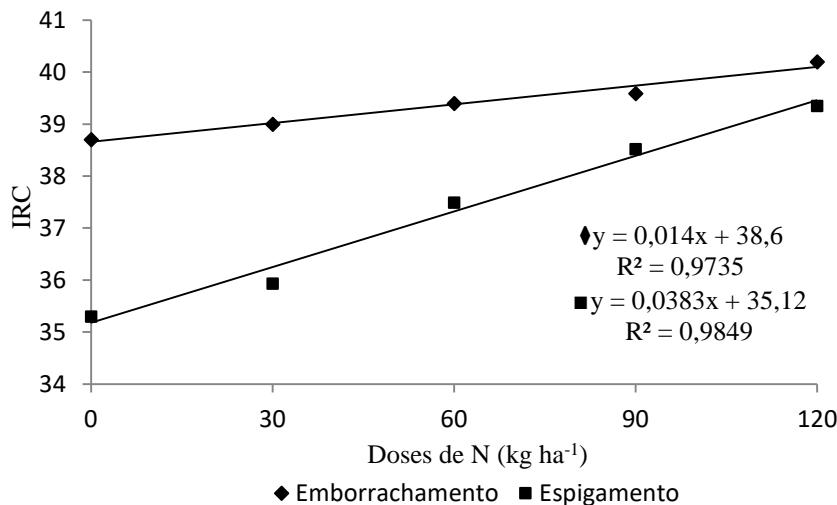
Tabela 5 – Índice relativo de clorofila (IRC) em função de fontes e doses de N aplicadas em cobertura, determinado em quatro estádios fenológicos da cultura do trigo, cv. Supera. Tibagi/PR.

Causa da variação	GL	Q.M.			
		IRC			
		Perfilhamento	Elongação	Emborrachamento	Espigamento
Blocos	4	2,0115 ^{ns}	4,38 ^{ns}	1,20 ^{ns}	3,24 ^{ns}
Fontes de N (A)	1	0,1682 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,12 ^{ns}	2,00 ^{ns}
Doses de N (B)	4	6,1645 ^{ns}	1,41 ^{ns}	4,22 [*]	33,65 ^{**}
A x B	4	7,9567 ^{ns}	2,17 ^{ns}	0,56 ^{ns}	7,29 ^{ns}
Resíduo	36	3,8091	3,33	1,19	3,33
CV%		4,07	5,53	2,77	4,87
Média		47,93	32,98	39,46	37,45

*significativo a 5% de probabilidade; GL= Graus de liberdade; Q.M.= Quadrado médio

O aumento do IRC observado tanto nas leituras realizadas no estádio de emborrachamento como no estádio de espigamento completo demonstra que houve acréscimo na síntese de clorofila em função do aumento da dose de N aplicada em cobertura, uma vez que houve ajuste para ambas a uma equação linear crescente, sendo o efeito explicado em mais de 97% em ambas as avaliações (Figura 3). No entanto, não foi possível identificar uma dose de máxima eficiência técnica para esta variável, e mesmo se fosse estaria acima da obtida para a produtividade (Figura 1), variável altamente preconizada pelo produtor de trigo. O motivo da planta de trigo ter apresentado valores crescentes no IRC nestes estádios de desenvolvimento, deve-se provavelmente ao fato da molécula de clorofila apresentar quatro átomos de N, podendo consequentemente apresentar maiores taxas fotossintéticas e, com isso, maiores produtividades, no entanto, pode-se observar que independentemente da fonte de N, a produtividade aumentou até a dose de 81,45 kg de N ha⁻¹, decrescendo a posteriori (Figura 1), podendo-se então inferir que, neste estudo, o IRC não apresentou correlação com a produtividade. Além disso, é imprescindível lembrar que o excesso de qualquer nutriente pode causar toxicidade (TAIZ *et al*, 2017), e que no caso do N na cultura do trigo, pode aumentar a suscetibilidade da cultura ao acamamento (ZAGONEL *et al*, 2002a).

Figura 3 – Índice relativo de clorofila (IRC) determinado nos estádios fenológicos de emborrachamento do colmo e espigamento completo em função de doses de N aplicadas em cobertura no trigo, cv. Supera. Tibagi/PR.



A época de maior exigência de N, ou seja, em que deveria estar em maior disponibilidade depende das demandas específicas de cada planta, o pode variar com o estádio fenológico. Assim, aplicação de N em cobertura visa disponibilizar este nutriente no momento de maior consumo, conceito este, norteador da adubação nitrogenada em cobertura. Nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná a recomendação na cultura do trigo é no período de perfilhamento da cultura,

correspondendo ao intervalo de 30 a 45 dias após a emergência (CBPTT, 2020). Neste ensaio, somente se observou resposta à suplementação com N em cobertura, cv. Supera de trigo, nos estágios de emborrachamento e espigamento, ambos posteriores ao estágio de perfilhamento, período recomendado e utilizado no estudo. Tal fato dificulta a predição de uma recomendação de adubação nitrogenada em cobertura, utilizando o clorofilômetro SPAD para o trigo cv. Supera com segurança.

A fonte Nitro LL® é de liberação lenta, portanto, não é de se estranhar que o efeito tenha sido evidenciado em estádios fenológicos mais avançados, todavia, a fonte nitrato de amônio que inclusive suscitou aumento de 97,47 kg ha⁻¹ na produtividade do trigo, induziu a cultura ao mesmo comportamento. Entretanto, essa afirmação deve ser interpretada com cautela, pois no estádio de perfilhamento o N é utilizado principalmente na construção estrutural dos novos perfilhos, participando nos processos de divisão e diferenciação celular, dado que é constituinte de ácidos nucleicos, enzimas, proteínas, nucleotídeos, dinucleotídeos etc., e não somente da molécula de clorofila. Em adição, nem todos os tecidos da parte aérea das plantas apresentam clorofila, e as folhas das poáceas apresentam externamente aos feixes vasculares o tecido de sustentação do tipo fibras (esclerênquima), formado por células mortas, com parede celular secundária rica em lignina, molécula extremamente complexa (TAIZ *et al*, 2017). Deste modo, infere-se que não é uma interpretação fácil, e que os efeitos em termos de aumentos significativos nos teores de clorofila, ou no caso, nos IRC avaliados por meio do clorofilômetro SPAD, realmente só poderiam ser evidenciados em estádios fenológicos mais avançados, o que de certa forma reforça a necessidade de se aplicar N nesta época (DECHEM *et al*, 2007). Outrossim, é pertinente atentar para outros fatores que possam estar interferindo nas leituras, como por exemplo a cultivar, o ano de cultivo, as condições climáticas, a localização da folha, além do estádio fenológico (DECHEM *et al*, 2007).

4. CONCLUSÕES

A produtividade e o peso do hectolitro do trigo, cv. Supera, foram maiores quando da utilização da fonte nitrato de amônio em relação a Nitro LL®. A dose de 81,45 kg de N ha⁻¹ possibilitou estimar a produtividade em 2.853,98 kg ha⁻¹ ou 47,57 sacas de 60 kg ha⁻¹, e a dose 36,33 kg de N ha⁻¹, permitiu estimar o peso do hectolitro máximo em 74,33 kg hL⁻¹.

As fontes de nitrogênio, nitrato de amônio e Nitro LL®, não influenciaram o IRC ou índice SPAD da cultura do trigo, cv. Supera, independentemente do estádio fenológico em que se efetuou a leitura. As leituras realizadas nos estádios de emborrachamento e espigamento demonstraram IRC crescentes com o acréscimo na suplementação de nitrogênio em cobertura, não apresentando porém, correlação positiva com a produtividade. Assim, conclui-se nas condições em que o estudo foi

desenvolvido, o IRC não foi eficiente na predição da adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do trigo, cv. Supera.

REFERÊNCIAS

AGRICHEM. Produto comercial Nitro LL. 2009.

Disponível em <http://www.agrichem.com.br>. Acessado em 08 de junho de 2010.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; TRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.

BRASIL. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, Secretaria de Defesa Agropecuária-Mapa/ACS, 2009, 395p.

BRUNETTA, D.; BASSOI, M.C.; DOTTO, S.R.; SCHEEREN, P.L. Cultivar certa. **Cultivar. Grandes Culturas**, Pelotas, RS, v.60, p. 32-34, 2004.

CBPTT-COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. Informações técnicas para trigo e triticale: Safra 2020. 13ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Biotrigo Genética, Passo Fundo, 2020. 255p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. SAFRA 2020/2021 7º levantamento, v.8, n.7, abril 2021a. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em 08 de junho de 2021a.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Parâmetros de análise de mercado do trigo – médias semanais. TRIGO – 31/05/2021 a 04/06/2021. <https://www.conab.gov.br/busca?searchword=TRIGO;searchphrase=all>. Acesso em 08 de junho de 2021b.

DECHEN, A.R.; NAVA, G.; BATAGLIA, O.C. Métodos de avaliação do estado nutricional das plantas para nitrogênio e enxofre. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura Brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute - Brasil, 2007. p.251-275.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

HOLLAND, K. H.; SCHEPERS, J. S. Derivation of a Variable Rate Nitrogen Application Model for In-Season Fertilization of Corn. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 5, p. 1415-1424, 2010.

LARGE, E. C. Growth stage in cereals: illustration of the Feekes scale. **Plant Pathology**, v. 3, p. 128-129, 1954.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MFRURAL. <https://www.mfrural.com.br/detalhe/333064/nitrato-de-amonia>. Acesso: 10 de junho de 2021.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras:UFL, 2002, 625 p.

OR SEMENTES. <https://www.orsementes.com.br/culivares>. Acesso: 10 de maio de 2009.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PEREIRA, L.C.; PIANA, S.C.; BRACCINI, L.A.; GARCIA, M.M.; FERRI, G.C.; FELBER, P.H.; MARTELI, D.C.V.; BIANCHESSI, P.A.; DAMETTO, I.B. Rendimento do trigo (*Triticum aestivum*) em resposta a diferentes modos de inoculação com *Azospirillum brasiliense*. **Revista de Ciências do solo**, v.40, n.1, p.105-113, 2017.

PIMENTEL GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 15^a Ed., Livraria Nobel S.A., São Paulo. 2009. 451p.

PÔRTO, M.L.; PUIATTI, M.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; ALVES, J.A. de A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura brasileira**, v.29, n.3, p.311-315, 2011.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. da; STRIEDER, M. L.; SANGOI, L.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Monitoramento do nitrogênio na planta e no solo para predição da adubação nitrogenada em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 407-417, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6^a.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TEIXEIRA, M.Z.; MACIEIRA, G.A.A.; YURI, J.E. Diferentes fontes e formas de aplicação de Nitrogênio na cultura da Alface. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, 2009. S2425-S2429.

THEAGO, E.Q.; BUZZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.; ANDREOTTI, M.; MEGDA, M. M.; BENETT, C.G.S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.6, p.1826-1835, 2014.

UNESP. Universidade Estadual Paulista. **Sistema para análises estatísticas: ESTAT**. V. 2.0. Jaboticabal. 1991.

WILLIAMS, P.; EL-HARAMEIN, F.J.; NAKKOUC, H.; RIHAWI, S. **Crop quality evaluation methods and guidelines**. 2.ed. Aleppo. Syria: ICARDA, 1988. 145p.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; KUNZ, R.P. Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidade de plantas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2002a.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W.S.; KUNZ, R.P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem regulador de crescimento afetando o trigo, Cultivar OR-1. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.25-29, 2002b.

ZUFFO, A.M.; ANDRADE, F.R.; SCHLOSSER, T.R.; MILHOMEM, D.M.; PIAUILINO, A.C. Eficiência na determinação indireta do nitrogênio foliar a partir do índice SPAD. **Encyclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.8, n.15, p.802-820, 2012.