

Índices de clorofila em partes da planta de arroz de terras altas

Chlorophyll index in parts of upland rice

Eduardo Lopes Cancellier, Joedna Silva, Manoel Mota dos Santos, Susana Cristine Siebeneichler e Rodrigo Ribeiro Fidelis

Resumo - Uma possibilidade para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada seria estabelecer qual o estado nutricional de N adequado através da avaliação do teor de clorofila das folhas. Contudo, diferenças entre cultivares, tipo e idade da folha influenciam as leituras do clorofilômetro. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a dinâmica dos índices de clorofila nas diversas folhas da planta, bem como a influência resultante da adubação nitrogenada em genótipos de arroz de terras altas através de uma avaliação do status nutricional de N utilizando clorofilômetro. As cultivares foram avaliadas em dois experimentos contrastantes quanto à dose de nitrogênio. Avaliou-se o índice de clorofila *a*, *b*, relação entre índices de clorofila *a/b* e índice de clorofila total (*a+b*). As leituras foram realizadas na última folha completamente expandida, na folha do terço mediano e na folha ativa mais velha. Para as leituras utilizou-se o clorofilômetro ClorofiLOG CFL 1030. A folha fisiologicamente mais velha da planta de arroz é a mais indicada para diagnosticar o estado nutricional de N da planta. A avaliação do índice de clorofila *b* nas folhas mais velhas pode ser mais precisa na diagnose do estado nutricional de N do arroz através da utilização do clorofilômetro.

Palavras-chave: *oryza sativa*, clorofilog, relação entre clorofilas *a/b*, clorofila *b*.

Abstract - As an alternative to improve the nitrogen management, an evaluation of chlorophyll content on leaves could help to set the correct nutritional status. However, the chlorophyllometer readings are influenced by some specific conditions. Among these factors are the differences among cultivars, type and leaf age. Therefore, the aim of this work was to evaluate the dynamic of chlorophyll indexes in different leaves on plant, as well as the resultant influence of nitrogen fertilization over these indexes in upland rice genotypes through evaluations of nutritional status utilizing a chlorophyllometer. The cultivars evaluation was carried out in two trials where contrasting nitrogen doses were applied. The evaluated characteristics were, chlorophyll *a* index (Cl *a*); chlorophyll *b* index (Cl *b*); chlorophyll *a/b* ratio (Cl *a/Cl b*) and total chlorophyll index (Cl Total). The readings were taken in last completely spread leaf, in the middle part of plant and in the older leaf out of senescence stage. In order to take the chlorophyll indexes the chlorophyllometer ClorofiLOG® CFL 1030 was utilized. The physiologically older rice leaf is most appropriate to diagnose the plant nutritional status. The chlorophyll *b* index evaluation in older leaves is more accurate to diagnose rice nutritional status through the use of chlorophyllometer.

Key words: *oryza sativa*, clorofilog, chlorophyll *a/b* ratio, chlorophyll *b*.

INTRODUÇÃO

A produção mundial de arroz segundo a FAO (2011) em 2009 foi de 685 milhões de toneladas, e que juntamente com o trigo somam 40% da produção de alimento no mundo (Makino 2011). No Brasil, a área cultivada com arroz é de aproximadamente 2,9 milhões de hectares com produção de 12,6 milhões de toneladas de arroz em casca.

A cultura do arroz é altamente exigente em nitrogênio, sendo que este é o nutriente que comumente mais limita a produtividade (Nascente et al., 2011), principalmente no sistema de terras altas onde os investimentos em tecnologia no sistema de produção também são menores. Além disso, no sistema de terras altas ainda há uma grande demanda por cultivares com maior potencial produtivo (Haefele et al., 2010) e um sistema de manejo da adubação nitrogenada que supra a demanda da cultura com adubações em quantidade

Recebido em 10/01/2013 e aceito em 30/03/2013

1 Mestrando em Ciência do Solo Universidade Federal de Lavras <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/busca.do>

2 Bolsista PNPd-CAPES Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário de Gurupi
<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4762753Y4>

3 Professor Adjunto Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário de Gurupi
<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4702379U6>

4 Professora Adjunta Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário de Gurupi

5 Professor Adjunto Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário de Gurupi

adequada na época correta (Alvarez et al., 2006, Fabre et al., 2011). Isto melhoraria o sistema produtivo não só pelo aumento da produtividade, mas também pelo aumento da eficiência no uso do nitrogênio (N), que por sua vez, é uma das maneiras de reduzir o custo de produção da cultura e, conseqüentemente os riscos de contaminação ambiental (Dawson et al., 2008).

Uma possibilidade para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada seria estabelecer qual o estado nutricional de N adequado (teor de N no tecido foliar) das plantas durante seu desenvolvimento para avaliar a necessidade de uma eventual complementação com adubação (Silva et al., 2007). Entre outras possibilidades, a avaliação do teor de clorofila das folhas, estimado através de um medidor portátil de clorofila, denominado clorofilômetro, tem sido considerado como boa alternativa para estimar o nível de N no tecido de arroz (Peng et al., 1993, Peng et al., 1996, Prado et al., 2008, Lin et al., 2010). Segundo Makino (2011) o potencial fotossintético de uma única folha pode ser fator importante para determinar o potencial de produção de biomassa da cultura. Pesquisas foram desenvolvidas para demonstrar a existência de correlação entre as leituras do clorofilômetro e o teor de clorofila na folha de cereais (Argenta et al., 2001) e entre as leituras do clorofilômetro e o teor de N nas folhas de plantas de diversas culturas evidenciando que as leituras realizadas com o clorofilômetro podem diagnosticar o status de N na planta (Jinwen et al., 2009).

No entanto, assim como outros métodos de diagnóstico do nível nutricional das plantas, as leituras do clorofilômetro são influenciadas por algumas condições específicas. Fatores como por exemplo, uma nutrição deficiente em fósforo que interfere nos índices de clorofila devido ao crescimento limitado da célula que acaba por aumentar a concentração de N (Haefele et al., 2010). Malavolta et al. (1997) fazem algumas considerações quanto às condições de uso do aparelho, como por exemplo, as diferenças entre cultivares, tipo e idade da folha que também influenciam a tonalidade e portanto a leitura do clorofilômetro. Juntamente com estes fatores Jinwen et al. (2011) afirmam que há diferença entre as cultivares principalmente quanto à espessura e peso específico da folha. Pocojeski (2007) avaliando o estado nutricional do arroz irrigado através de avaliações de diversas partes da planta encontrou diferença no teor de N entre avaliações feitas na última folha completamente expandida, penúltima folha completamente expandida e a avaliação da planta inteira. Isto ocorre pelo fato do N ser um nutriente móvel e sua deficiência aparece primeiramente nas folhas mais velhas da planta, devido a uma realocação de nutrientes em que se prioriza o desenvolvimento de órgãos mais novos da planta (Taiz & Zeiguer, 2004).

Jinwen et al. (2011), Jinwen et al. (2009) e Li et al. (2007) avaliaram o estado nutricional de N da cultura do arroz utilizando clorofilômetro em diversas folhas da planta e encontraram diferença entre elas e ainda sugerem que uma avaliação nas folhas mais velhas da planta pode

ser um melhor indicativo do estado nutricional de N da cultura, ao invés de uma avaliação na última folha completamente expandida, como tem sido tomado como ideal até os tempos atuais.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a dinâmica dos índices de clorofila nas diversas folhas da planta, bem como a influência resultante da adubação nitrogenada em genótipos de arroz de terras altas através da avaliação do status de N utilizando clorofilômetro.

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação das cultivares foi conduzida em dois experimentos, contendo doses contrastantes de nitrogênio (baixo e alto nível), em terras altas, no município de Gurupi (TO), no campo experimental da Universidade Federal do Tocantins, nas coordenadas 11°46'18" S e 49°02'35" O, no ano agrícola 2009/2010.

Em ambos experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 45 cm e 60 sementes por metro linear. Como área útil, foram utilizadas as duas linhas centrais com 4 metros de comprimento. Para o estudo, foram utilizados as cultivares BRS-Primavera, BRS-Caiapó, BRSMG-Curinga, BRSMG-Conai, BRS-Sertaneja e BRS-Bonança e Epagrai-109.

A correção da acidez do solo foi realizada aplicando-se 2,1 toneladas ha⁻¹ de calcário de acordo com a análise química e física do solo que apresentou as seguintes características: pH (H₂O) 5,0; Ca+Mg 0,8 cmol_c dm⁻³; Al 0,4 cmol_c dm⁻³; H+Al 4,1 cmol_c dm⁻³; CTCt 1,2 cmol_c dm⁻³; K 26,6 mg dm⁻³; P 1,2 mg dm⁻³; V 17,1%; m 32,0%; MO 1,8%; Areia 69%; Silte 4,1% e Argila 27,0%. A semeadura foi realizada manualmente, no dia 10 de dezembro de 2009. A adubação de semeadura foi realizada no sulco de plantio, seguindo recomendações para região e resultados da análise de solo. Para simular ambientes com baixo e alto nível de nitrogênio, foram utilizadas as doses 20 e 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura, dividido em duas aplicações, sendo a primeira, aplicado metade da dose de alto N e a dose completa de baixo N por ocasião do perfilhamento efetivo médio das cultivares e a segunda metade do alto N na diferenciação do primórdio floral em média das cultivares. Estas duas doses contrastantes de nitrogênio foram identificadas em experimentos anteriores, para discriminar as cultivares de arroz quanto ao uso de nitrogênio (Fageria et al., 2003).

Os tratos culturais foram realizados utilizando capina manual, quando se fez necessário. Não houve necessidade da aplicação de inseticidas e fungicidas durante a condução do experimento.

As características avaliadas foram índice de clorofila *a* (Cl *a*); índice de clorofila *b* (Cl *b*); relação entre índices de clorofila *a* e *b*, obtidos através da divisão do índice de clorofila *a* pelo índice de clorofila *b* (Cl *a*/Cl

b); e índice de clorofila total (CI Total). As leituras do clorofilômetro foram realizadas em três folhas provenientes de três partes da planta, sendo a primeira na última folha emitida completamente expandida, sendo considerada a parte superior da planta, a segunda na folha do terço mediano da planta (quando haviam quatro folhas completamente expandidas por planta a leitura foi realizada na segunda folha a partir do ápice da planta). A terceira parte lida foi o terço inferior da planta, o qual foi representado pela folha mais velha fora do estágio de senescência. As leituras foram tomadas sempre das 14 às 18 horas do dia. Todas as leituras foram realizadas no centro do limbo foliar aos 75 dias após plantio, onde que nenhuma das cultivares ainda havia florescido. Esta época de avaliação que representa o estágio de maior acúmulo de clorofila na planta, identificado em análises prévias como representativa, considerando diversos genótipos.

Para as leituras dos índices de clorofila utilizou-se um clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG® modelo CFL 1030, produzido pela Falker Automação Agrícola. Este aparelho possui diodos que emitem luz, e esta passa através da amostra da folha atingindo um receptor (fotodiodo de silício) que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos. A partir desse dado, o aparelho fornece valores de leitura proporcionais à absorvância das clorofilas *a*, *b* e total (*a* + *b*). O ClorofiLOG® utiliza emissores em três comprimentos de onda: dois emitem dentro da banda do vermelho, próximos aos picos de cada tipo de clorofila ($\lambda=635$ e 660nm) e um outro no infravermelho próximo ($\lambda=880\text{nm}$). O ClorofiLOG® fornece resultados em unidades adimensionais, valores ICF (Índice de Clorofila Falker) (Falker, 2008).

Foi realizada uma análise conjunta e duas análises estatísticas individuais dos experimentos de alto e baixo nitrogênio. Na análise individual dos experimentos, o delineamento foi o de blocos casualizados em esquema fatorial (7x3), sendo as cultivares e as posições na planta como fontes de variação. Foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para testar a significância dos tratamentos. A análise conjunta dos experimentos (2x3) com delineamento de blocos casualizados foi feita visando à comparação das médias das partes das plantas entre os ambientes, aplicando o teste F, isto após ter sido

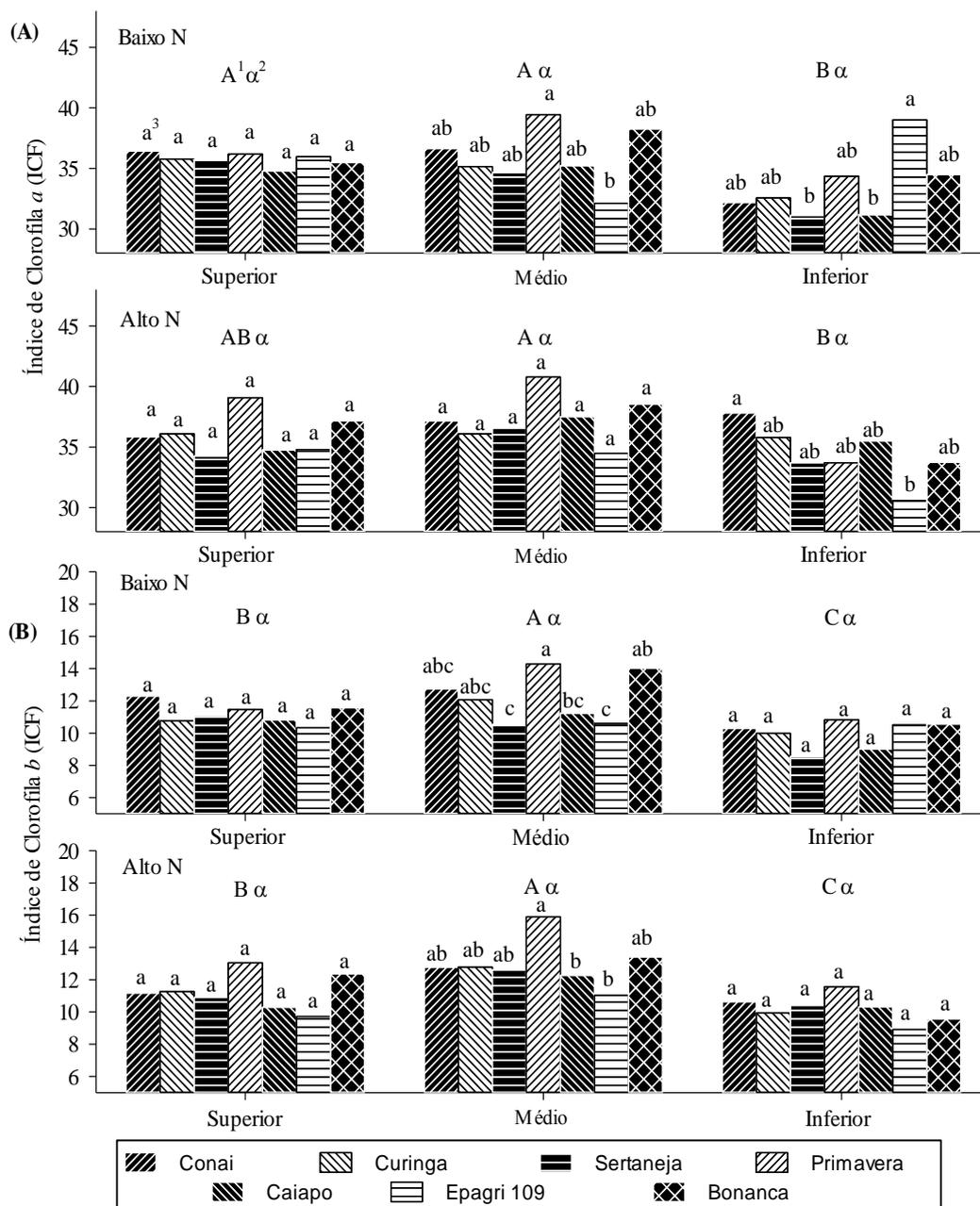
verificada a homogeneidade das variâncias dos experimentos. Para a análise dos dados foi utilizado o software SISVAR (Ferreira, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se através da análise individual dos experimentos a falta de significância da interação cultivares versus partes da planta para todas as características avaliadas independentemente do nível de N. A análise conjunta dos experimentos também não detectou interação significativa entre os ambientes (alto e baixo N) e partes da planta. Isto indica que todas as cultivares seguem a mesma tendência de acúmulo de clorofila nas diversas folhas e seus índices de clorofila respondem homogeneamente a adubação nitrogenada.

Para os índices de clorofila *a* (Figura 1 A), houve diferença significativa entre as cultivares na parte inferior da planta quando ocorreu suficiência no suprimento de N. No entanto, em ambiente de baixo N, constatou-se diferença significativa entre as cultivares também no terço médio da planta. Sabe-se que a retranslocação do nitrogênio acumulado nos tecidos ocorre da parte inferior da planta, ou seja, das folhas fisiologicamente mais velhas para os órgãos mais jovens, e que também existe diferença entre os genótipos quanto à intensidade e período de translocação destes assimilados. Em ambos ambientes, a parte inferior da planta apresentou menor índice de clorofila *a* de que o terço médio da planta, contudo, somente sob baixo N existiu diferença entre a parte superior e inferior. Não foi verificada diferença significativa entre os índices de clorofila *a* entre plantas cultivadas com alta e baixa adubação nitrogenada.

Para os índices de clorofila *b* (Figura 1 B), em ambos ambientes, as cultivares diferiram entre si somente no terço médio da planta. Também observou-se que para este pigmento, houveram maiores índices no terço médio da planta e com os menores índices na parte inferior da planta. A adubação nitrogenada não influenciou significativamente os índices de clorofila *b* e nem a distribuição da concentração destes pigmentos pela planta.



¹ Letras iguais maiúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade na comparação das médias das cultivares entre as posições da planta no mesmo ambiente.

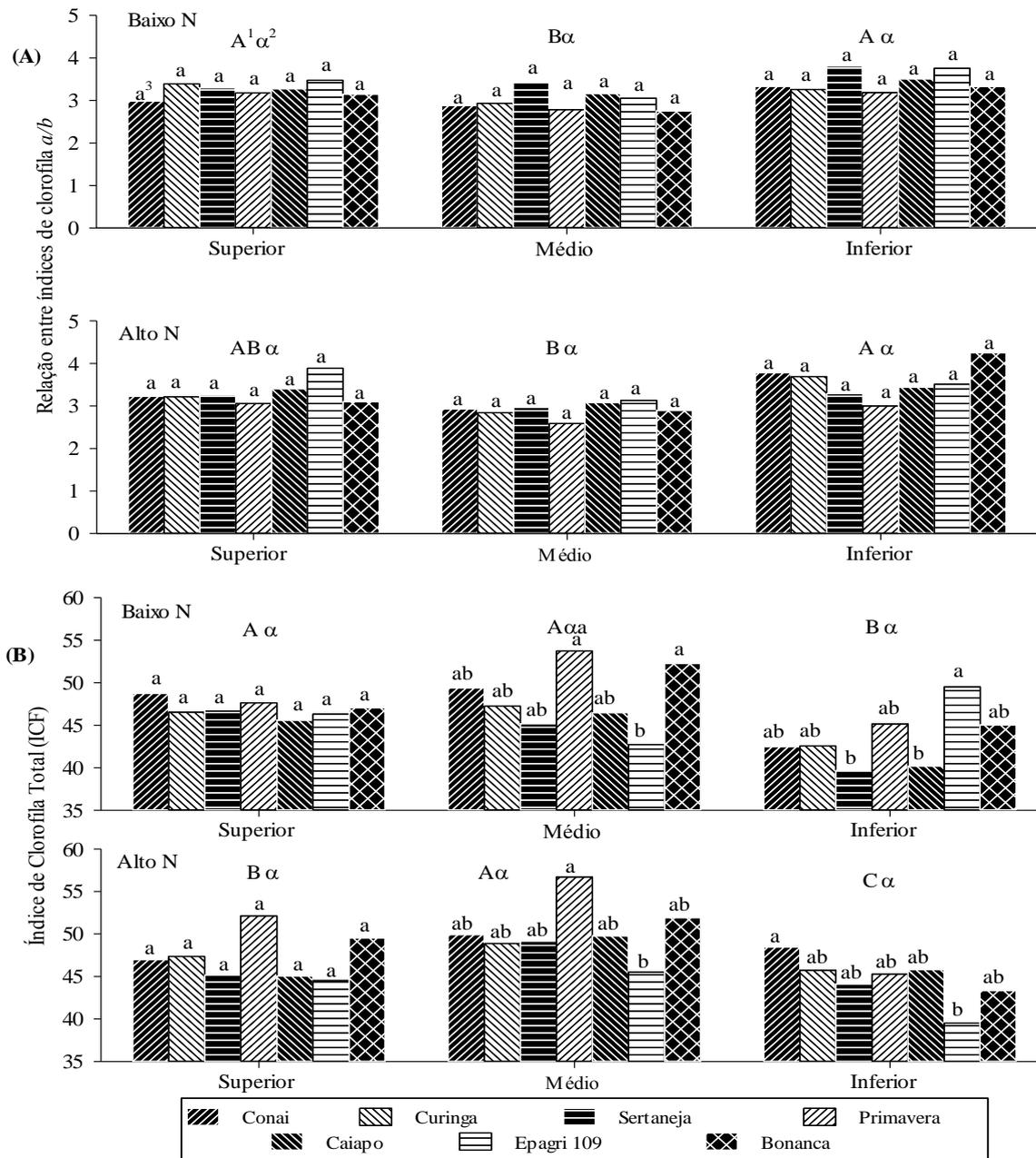
² Letras iguais gregas não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade na comparação entre as médias das cultivares em uma mesma parte da planta entre os ambientes (alto e baixo N).

³ Letras iguais minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade na comparação entre as cultivares em uma mesma posição da planta.

Figura 1. Índices de clorofila *a* (A) e *b* (B) em folhas do terço superior, médio e inferior de cultivares de arroz de terras altas cultivado sob alta e baixa adubação nitrogenada (Gurupi – TO, safra 2009/2010).

Quando à relação entre índices de clorofila *a/b* (Figura 2 A), tanto para alto quanto para baixo N, não houve diferença significativa entre as cultivares em nenhuma parte da planta. Nos dois ambientes, a relação entre os índices de clorofila *a/b* foi menor no terço médio da planta, no entanto, sem diferir da parte superior no

ambiente de alto N. Devido diversas literaturas, tais como Taiz & Zeiger (2006), Kerbauy (2004) e Hikosaka & Terashima (1995) relatarem menores relações entre índices de clorofila *a/b* em plantas ou folhas sombreadas, esperava-se que as folhas do terço inferior apresentassem maiores índices de clorofila *b* devido ao autosombreamento que ocorre nas folhas inferiores pelas superiores.



1 Letras iguais maiúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade na comparação das médias das cultivares entre as posições da planta no mesmo ambiente.
 2 Letras iguais gregas não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade na comparação entre as médias das cultivares em uma mesma parte da planta entre os ambientes (alto e baixo N).
 3 Letras iguais minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade na comparação entre as cultivares em uma mesma posição da planta e ambiente.

Figura 2. Relação entre Índices de clorofila a/b (A) e Índice de clorofila Total (B) em folhas do terço superior, médio e inferior de cultivares de arroz de terras altas cultivados sob alta e baixa adubação nitrogenada (Gurupi – TO, safra 2009/2010).

Como a maior relação entre clorofilas a/b terço inferior da planta, já que, as folhas inferiores encontradas não se seu pelo aumento de clorofila a no também possuem o menor índice de clorofila a, pode-se

Recebido em 10 01 2013 e aceito em 30 03 2013

1 Mestrando em Ciência do Solo Universidade Federal de Lavras <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/busca.do>

2 Bolsista PNPd-CAPES Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário de Gurupi

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4762753Y4>

3 Professor Adjunto Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário de Gurupi

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4702379U6>

4 Professora Adjunta Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário de Gurupi

5 Professor Adjunto Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário de Gurupi

inferir que nestas folhas, tanto a clorofila *b* quanto a clorofila *a* já tenham iniciado sua autodegradação para retranslocação do N para folhas mais jovens. Isto porque a folha inicia seu processo de senescência e retranslocação antes mesmo que este efeito seja perceptível a uma avaliação visual, o que justificaria os menores índices de clorofila *a* e *b* destas folhas. Outro fator importante que pode ter contribuído para estas menores relações entre índices de clorofila *a/b*, é o fato das cultivares estudadas, serem melhoradas e de arquitetura moderna, ou seja, com folhas mais eretas, de forma a diminuir o autosombreamento resultando no aumento do índice de área foliar e da eficiência fotossintética destas plantas.

De acordo Hikosaka & Terashima (1995) o aumento na relação entre clorofilas *a/b*, representa um aumento na relação de centros de reação do fotossistema II em relação ao número de complexo coletor de luz do fotossistema II (CCL II), (ambos quantificados em mol x área foliar⁻¹). Se o N é limitado sob condições de alta intensidade luminosa, o N alocado no CCL II é mantido em nível similar, enquanto o N do centro de reação II irá aumentar com o custo da diminuição do N alocado para a Rubisco, resultando no aumento da relação de clorofila *a/b* com a diminuição da disponibilidade de N. Isto se dá pelo fato de quase toda a clorofila *b* estar associada ao CCL II (Kerbauy, 2004, Hikosaka & Terashima, 1995).

Jinwen et al. (2009) também avaliaram a relação entre os índices de clorofila *a/b* em diversas cultivares, e relataram em seu estudo que as plantas com maior teor de N e consequentemente maior concentração de clorofilas possuem menor relação de clorofilas *a/b* e ainda que, plantas ou folhas que são submetidas a menores intensidades luminosas possuem menores relações entre os índices de clorofila, o que pode ser a razão para que as relações encontradas neste trabalho sejam maiores, variando entre 2,7 e 4,3, enquanto eles encontraram valores variando entre 1,3 e 2,7 em arroz irrigado na China aos 30° de latitude norte. Isto aliado às diferenças que existem entre as cultivares quanto às relações de clorofilas *a/b*.

Neste trabalho foram encontradas menores relações de clorofilas *a/b* quando houveram maiores índices de clorofila total, conforme pode ser observado na Figura 2 nos gráficos A e B. Estas menores relações ocorrem devido ao fato de haver proporcionalmente mais clorofila *b* que *a* em plantas com maiores índices de clorofila total, assim como observado por Cancellier et al. (2011). Este efeito também ocorreu no trabalho de Jinwen et al. (2009), que ainda afirmaram que a relação de clorofilas *a/b* nas folhas jovens pode ser um indicador do status de N da planta, já que as altas relações entre as clorofilas são características de folhas com deficiência de N. Isto explicaria as maiores relações encontradas na parte inferior da planta no presente trabalho, como pode ser

visto na Figura 2. Entretanto, resultados da literatura também afirmam que deveria haver menores relações em folhas inferiores, por serem mais sombreadas. Diante disso, verifica-se a necessidade de estudos mais aprofundados a respeito das interações entre status de N da planta e da folha com o sombreamento, e o reflexo desta interação nas relações de clorofila *a/b*. No presente trabalho, menores relações entre clorofilas *a/b* foram encontradas na parte média da planta, e não na parte mais baixa, onde está o maior autosombreamento, e que assim, induziria a menores relações entre clorofilas *a/b* segundo a literatura. Esta menor relação pode ser indicativo de boa nutrição de N da folha, evidenciado pelo maior índice de clorofila total que é um indicador do status de N.

Para o índice de clorofila total, as cultivares diferiram entre si no terço médio e inferior em ambos os ambientes. Foram encontrados os maiores índices de clorofila total no terço médio da planta em alto e baixo nitrogênio, no entanto, sem diferir da parte superior da planta em baixo N. Houve menor índice de clorofila total na parte superior da planta quando comparado ao terço médio em alto N. Teoricamente a planta priorizaria o desenvolvimento dos tecidos mais jovens, translocando o N das partes mais velhas (terço inferior) para as mais novas (terço superior), elevando o teor de N dos tecidos jovens quando comparado com os tecidos mais velhos. Entretanto, a folha da parte média da planta parece estar fotossinteticamente mais ativa, ou seja, com maiores índices de clorofila. Os resultados deste estudo apontaram que o maior acúmulo de N na forma de clorofilas se dá no terço médio da planta, provavelmente devido ao sombreamento imposto pelas folhas superiores a elas. Menores índices de clorofila total nas folhas fisiologicamente mais velhas também foram encontradas por Jinwen et al. (2009) e Li et al. (2007), este efeito deve-se provavelmente ao fato da retranslocação do N já ter sido iniciada devido ao início do processo de senescência da folha.

Jinwen et al. (2009) estudaram os índices de clorofila em folhas de todas as partes da planta e relacionaram o coeficiente de variação (CV) destas leituras com o potencial que esta folha possui para ser utilizada como índice para diagnose foliar do status nutricional de N. Considera-se que maiores CVs das leituras de uma determinada folha, indicará a maior sensibilidade dos índices de clorofila desta quanto às alterações ambientais, principalmente em se tratando da disponibilidade de N para planta e seus efeitos na dinâmica dos índices de clorofila nas diversas partes da planta. Assim como no trabalho acima citado, também foram encontrados maiores CVs na parte inferior da planta para todos os índices avaliados (Tabela 1), com exceção do índice de clorofila *b* em baixa disponibilidade de N.

Tabela 1. Coeficientes de variação das leituras do clorofilômetro em partes da planta de arroz cultivado sob alta e baixa adubação nitrogenada

Característica	Parte da Planta	CV ¹ (%)	
		Alto N	Baixo N
Índice de clorofila <i>a</i>	Superior	8,0	8,8
	Médio	7,1	8,9
	Inferior	11,9	12,6
Índice de clorofila <i>b</i>	Superior	16,9	12,7
	Médio	12,6	16,2
	Inferior	18,3	13,3
Relação entre índices de clorofila <i>a/b</i>	Superior	12,0	9,5
	Médio	8,4	11,6
	Inferior	12,6	13,0
Índice de clorofila Total	Superior	9,4	9,0
	Médio	8,0	10,5
	Inferior	11,0	11,8

¹ Coeficientes de variação obtidos dos desdobramentos da ANAVA individual de cada experimentos.

Desta forma, pode-se inferir que de fato, uma avaliação nas folhas fisiologicamente mais velhas possa ser mais adequada para diagnosticar o status nutricional de N da cultura do arroz. E neste mesmo sentido, analisando os coeficientes de variação, pode-se sugerir que uma avaliação com o clorofilômetro, considerando apenas o índice de clorofila *b* seja ainda mais adequado para o diagnóstico do estado nutricional de N da cultura. Isto, porque este índice apresenta os maiores CVs e ainda, bem como encontrado em pesquisas ainda não publicadas, os índices de clorofila *b* respondem aos estímulos ambientais com diferenças proporcionalmente maiores nas leituras com o clorofilômetro, quando comparado com o índice de clorofila *a*, índice de clorofila total ou mesmo a relação entre índices de clorofila *a/b*.

CONCLUSÕES

A folha ativa fisiologicamente mais velha da planta de arroz aparenta ser a mais indicada para diagnosticar o estado nutricional de N da planta.

A avaliação do índice de clorofila *b* nas folhas mais velhas pode ser mais precisa na diagnose do estado nutricional de N do arroz através da utilização do clorofilômetro.

O clorofilômetro pode ser utilizado para avaliação do estado nutricional de N independentemente da adubação utilizada.

AGRADECIMENTOS

À fundação CAPES pelo aporte financeiro necessário para realização dos experimentos.

LITERATURA CITADA

ALVAREZ, R. de C.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; RODRIGUES, J.D.; ALVAREZ, A.C.C. Marcha de absorção de nitrogênio de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.2, p.162-169, 2006.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.D.; BORTOLINI, C.G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.715-722, 2001.

CANCELLIER, E.L.; BARROS, H.B.; KISCHEL, E.; GONZAGA, L.A.M.; BRANDÃO, D.R.; FIDELIS, R.R. Eficiência agrônômica no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. **Agrária**, Recife, v.6, n.4, p.650-656, 2011.

DAWSON, J.C. HUGGINS, D.R.; JONES, S.S. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of

- cereal crops in low-input and organic agricultural systems. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.107, n.2, p.89-101, 2008.
- FABRE, D.V.O.; CORDEIRO, A.C.C.; FERREIRA, G.B.; VILARINHO, A.A.; MEDEIROS, R.D. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de várzea. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.1, p. 29-38, 2011.
- FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; STONE, L.F. Manejo de nitrogênio em arroz irrigado. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2003. (**Circular Técnica, 58**).
- FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. Equipamento eletrônico portátil para medição do teor de clorofila em plantas. BUAES, A.G.; DELVAN, F.H.; SILVA, M.A.M. Patente Brasileira, Int. Cl. G01N 21/25, BR PI0705579-0 A2, 09/12/2008.
- FAO - Food And Agriculture Organization of the UN, FAOSTAT, 2011. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>. Acesso em: 02/11/2011.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, p. 36-41, 2008.
- HAEFELE, S.M.; SIOPONGCO, J.D.L.C.; AMARANTE, S.T.A.; TUONG, T.P. Effect of abiotic stresses on the nondestructive estimation of rice leaf nitrogen concentration. **International Journal of Agronomy**, New York, v.2010, p. 1-11. 2010.
- HIKOSAKA, K.; TERASHIMA, I. A model of the acclimation of photosynthesis in the leaves of C3 plants to sun and shade with respect to nitrogen use. **Plant Cell Environment**, Malden, v.18, p.605-618, 1995.
- JINWEN, L.; JINGPING, L.; DONGSHENG, L.; PINPIN, F.; TIANAI, G.; CHANGSHUI, G.; WENYUE, C. Chlorophyll Meter's Estimate of Weight-based Nitrogen Concentration in Rice Leaf is Influenced by Leaf Thickness. **Plant Production Science**, Tokyo, v.14 n.2 p.177-183, 2011.
- JINWEN, L.; JINGPING, Y.; PINPIN, F.; JUNLAN, S.; DONGSHENG, L.; CHANGSHUI, G.; WENYUE, C. Responses of rice leaf thickness, SPAD readings and chlorophyll a/b ratios to different nitrogen supply rates in paddy field. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.114, n.3, p.426-432, 2009.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. São Paulo-SP: Guanabara koogan, 2004. 452p.
- LI, G.H.; XUE, L.H.; YOU, J.; WANG, S.H.; DING, Y.F.; WU, H.; YANG, W.X. Spatial distribution of leaf N content and SPAD value and determination of the suitable leaf for N diagnosis in rice. **Scientia Agricultura Sinica**, China, v.40 n.6, p.1127-1134, 2007.
- LIN, F.F.; QIU, L.F.; DENG, J.S.; SHI, Y.Y.; CHEN, L.S.; WANG, K. Investigation of SPAD meter-based indices for estimating rice nitrogen status. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v.71, n.1, p.60-65, 2010.
- MAKINO, A. Photosynthesis, grain yield, and nitrogen utilization in rice and wheat. **Plant Physiology**, Waterbury, v.155, p.125-129, 2011.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.
- NASCENTE, A.S.; KLUTHCOUSKI, J.; RABELO, R.R.; OLIVEIRA, P.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade do arroz de terras altas em função do manejo do solo e da época de aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.1, p. 60-65, 2011.
- PENG, S.; GARCÍA, F.V.; LAZA, R.C.; CASSMAN, K.G. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.5, p.987-990, 1993.
- PENG, S.; GARCIA, F.V.; LAZA, R.C.; SANICO, A.L.; VISPERAS, R.M.; CASSMAN, K.G. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.47 p.243-252, 1996.
- POCOJESKI, E. **Estimativa do estado nutricional de arroz irrigado por alagamento**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2007. 97p. Dissertação Mestrado.
- PRADO, R.M.; ROZANE, D.E.; VALE, D.W.; CORREIA, M.A.R.; SOUZA, H.A. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP, 2008. 301p.
- SILVA, L.S.; BOHNEN, H.; MARCOLIN, E.; MACEDO, V.J.M.; POCOJESKI, E. Resposta a doses de nitrogênio e avaliação do estado nutricional do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.2, p.189-194, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Sinauer Associates, Sunderland. 2004. 452p.