

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO NA CULTURA DA ALFACE VIA DADOS ESPECTRAIS E ÍNDICE SPAD

FERNANDO F. PUTTI¹, PEDRO L. GUERRERO², BRUNA ARRUDA³, ANEGLA V. SOUZA⁴

¹ Doutor em Agronomia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia – FCE - Tupã, SP, fernando.putti@unesp.br

² Graduando em Engenharia de Biosistemas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia – FCE - Tupã, SP, felipe.borsari@unesp.br

³ Doutora em Agronomia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia – FCE - Tupã, SP, bruna.arruda@nesp.br

⁴ DoutorA em Agronomia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia – FCE - Tupã, SP, gustavo.silva@unesp.br

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: A necessidade do melhor aproveitamento dos recursos naturais associados ao aumento de produtividade com auxílio da agricultura 4.0, trás à tona novos meios tecnológicos para atingir este objetivo. O nitrogênio é um macronutriente considerado essencial para o bom desenvolvimento dos vegetais devido a sua participação na composição das principais estruturas das plantas, além de participar de diversas reações bioquímicas. As cultivares de alface são as hortaliças que apresentam os maiores teores de nitrogênio, sofrendo alterações fisiológicas e morfológicas quando submetidas a diferentes concentrações deste macronutriente. Há uma estreita relação entre a disponibilidade de nitrogênio e o teor de clorofila total do vegetal, o que afeta diretamente a capacidade do sistema fotossintético de absorver energia luminosa. O espectrofotômetro é um sensor que tem a capacidade de mensurar a quantidade de luz absorvida por uma superfície de forma pontual, gerando uma curva espectral, e o clorofilômetro utiliza o mesmo princípio para a determinação da quantidade total de clorofila na planta. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade da utilização de dados espectrais nos comprimentos de onda 430 nm e 660 nm, e o índice SPAD das folhas da alface para monitorar a disponibilidade de nitrogênio para a cultura de forma instantânea e pontual através da criação de um modelo estatístico.

PALAVRAS-CHAVE: Clorofila. Fotossíntese. *Lactuca Sativa* L. Macronutriente. Sensor.

Assessment of nitrogen availability in lettuce cultivars via spectral data and SPAD index

ABSTRACT: The necessity for a better use of natural resources associated with increased productivity with the support of agriculture 4.0 brings forward new technological means to achieve this goal. The nitrogen is a macronutrient considered essential to the well development of the vegetables due to its participation in the composition of the main structures of the plants, besides participating in a series of biochemical reactions. Lettuce cultivars are the vegetables with the highest levels of nitrogen, undergoing physiological and morphological changes when subjected to different concentrations of this macronutrient. There is a close relationship between the availability of nitrogen and the total chlorophyll content of the plant, which directly affects the ability of the photosynthetic system to absorb

light energy. The spectrophotometer is a sensor that has the ability to measure the amount of light absorbed by a surface in a punctual way, generating a spectral curve, and the chlorophyll meter uses the same principle to determine the total amount of chlorophyll in the plant. With all that said, this present assessment aims to verify the feasibility of using spectral data at wavelengths 430 nm and 660 nm, and the SPAD index of lettuce leaves to monitor the availability of nitrogen for the crop in an instantaneous and punctual way through the creation of a statistical model.

KEYWORDS: *Phaselous vulgaris*, soil water, hydrogel, soil type.

INTRODUÇÃO: Com a crescente necessidade do aumento de produtividade agrícola para suprir a demanda alimentar no mundo, associado à popularização da Agricultura 4.0 e a necessidade do melhor aproveitamento dos recursos naturais, a utilização de tecnologias relacionadas à agricultura de precisão vem se popularizando entre produtores das mais diversas culturas para monitoramento de variáveis que possam afetar a produtividade em sua área de cultivo.

Dentre as culturas mais difundidas no mundo, entre as folhosas, ou seja, hortaliças que possuem a folha como a sua parte de interesse comercial, cultivares de alface se destacam devido a sua expressividade no cenário mundial. Segundo dados obtidos no site da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), no ano de 2020 foram cultivados aproximadamente 27,3 milhões de toneladas de alface no mundo, sendo 575,5 mil toneladas cultivadas no Brasil, tornando a alface a folhosa com maior produção e consumo no Brasil e no mundo.

As moléculas de clorofila e os carotenóides são responsáveis pela absorção da luz solar para a realização da fotossíntese, tendo a clorofila o espectro de absorção de energia luminosa nas regiões do azul (430nm de comprimento de onda), estando a luz azul envolvida em uma ampla gama de processos vegetais, como fototropismo, fotomorfogênese, abertura dos estômatos e o funcionamento fotossintético foliar, e do vermelho (660 nm de comprimento de onda), sendo este um espectro estreito de luz que está próximo da absorbância máxima para clorofila (MUNEER, et al., 2014), já na região do verde a absorção de energia luminosa é baixa, apresentando seus maiores valores de reflectância se comparado aos demais (TAIZ et al., 2004). Este trabalho teve como finalidade correlacionar dados obtidos através de um espectrofotômetro, sensor de cor e um clorofilômetro na cultura da alface *Verônica* submetida a diferentes concentrações de nitrogênio em casa de vegetação, com o intuito de avaliar o índice SPAD e o teor de clorofila presente nas folhas da planta de maneira não destrutiva a fim de estabelecer uma correlação com a disponibilidade de nitrogênio no solo.

MATERIAL E MÉTODOS: Para a realização do trabalho foi adotado o delineamento experimental em blocos ao acaso para garantir a homogeneidade, contando apenas com a concentração de nitrogênio como fator variável entre os blocos. Deste modo, o experimento constituiu-se de seis diferentes concentrações de nitrogênio, sendo estas 0%, 25%, 50%, 75%, 100% e 125% do ideal recomendado pelo Boletim 200 (AGUIAR et al., 2014), com 6 repetições, totalizando 36 parcelas. A cultivar utilizada para este projeto foi a alface de tipo crespa de espécie *Veronica Spicata* (cultivar *Verônica*). As mudas foram adquiridas após 25 dias de semeadura na empresa Proteto Agrícola, especializada no ramo de horticultura, no município de Tupã – São Paulo e transplantadas para vasos de polietileno com capacidade volumétrica de 2L, que foram preenchidos com solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (Soil Survey Staff, 1999), de textura arenosa/média. Para a realização deste trabalho, o espectrofotômetro utilizado foi fabricado pela empresa “NIX SENSOR, LTD.”, do modelo “Nix Spectro 2”. Foi utilizado o clorofilômetro fabricado pela empresa

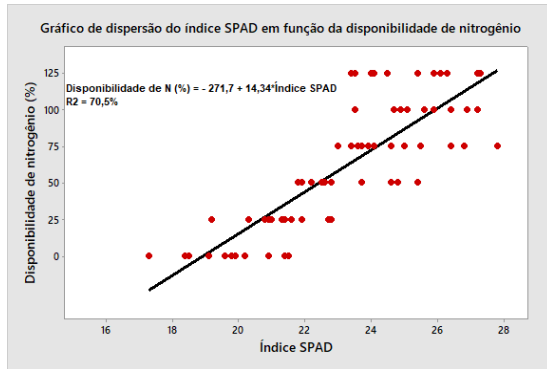
“SoilControl – Instrumentos de Medição & Pesquisa”, do modelo “CFL-1030”, apresentado na figura 4. As aferições foram realizadas periodicamente, com intervalo de 72 horas após vinte dias de transplântio das mudas, sendo realizadas nas folhas mais novas e completamente expandidas, mais externamente à principal nervura da folha para manter a maior homogeneidade nas medições. Foi utilizado o clorofilômetro fabricado pela empresa “SoilControl – Instrumentos de Medição & Pesquisa”, do modelo “CFL-1030”, apresentado na figura 4. As aferições foram realizadas periodicamente, com intervalo de 72 horas após vinte dias de transplântio das mudas, sendo realizadas nas folhas mais novas e completamente expandidas, mais externamente à principal nervura da folha para manter a maior homogeneidade nas medições. Os dados obtidos após o tratamento de normalidade e variância foram correlacionados a fim de encontrar conformidades entre as informações adquiridas através do banco de dados gerado no trabalho. Para mensurar as correlações, foi utilizado o método de correlação de Pearson, seguido de uma regressão linear pelo método dos mínimos quadrados ordinários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Ao analisar o índice SPAD obtido por meio das leituras realizadas com o clorofilômetro e correlacionando-os com os diferentes valores de disponibilidade de nitrogênio, foi possível observar a linearidade existente entre a os valores de SPAD e a disponibilidade de nitrogênio para a cultura (Figura 1 A).

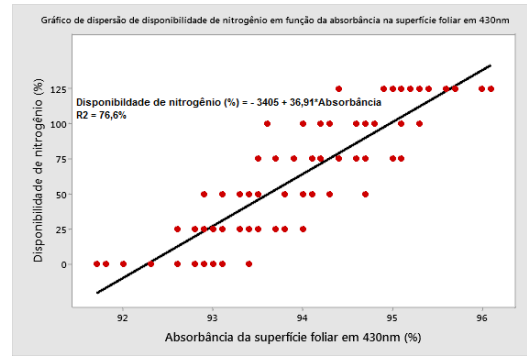
Foi aplicado o método estatístico de correlação de Pearson para quantificar a associação entre estas duas variáveis, retornando o valor de 0,839, sendo este favorável ao propósito do estudo. Também foi realizada a regressão linear dos dados através dos mínimos quadrados ordinários para obter uma equação que descreva esta distribuição, resultado apresentado na Figura 1 B. Para ondas de 430 nm no espectro luminoso, observou-se um padrão de linearidade semelhante ao encontrado nos resultados obtidos através do clorofilômetro, apresentando uma correlação de Pearson de 0,875 quando cruzado com a disponibilidade de nitrogênio em porcentagem.

A regressão linear pelos mínimos quadrados ordinários desta distribuição resultou em um $R^2 > 76\%$ como apresentado na figura 8 juntamente ao modelo de equação gerado. Ao analisar os dados obtidos no comprimento de onda 660 nm do espectro luminoso através dos mesmos métodos estatísticos aplicados em 430 nm, os resultados obtidos são ligeiramente superiores. O valor retornado pelo método de correlação de Pearson foi de 0,904, apresentando uma alta dependência entre a disponibilidade de nitrogênio e a absorbância neste comprimento específico. A distribuição no gráfico de dispersão e a reta ajustada obtida através da regressão linear também apresentaram resultados com uma sutil melhora ao apresentado na Figura 1C, obtendo um $R^2 > 81\%$ como exibido na figura 10. Esta diferença pode ser visualmente observada quando compara-se os diferentes tipos de tratamento oferecido, como demonstrado na Figura 1 D.

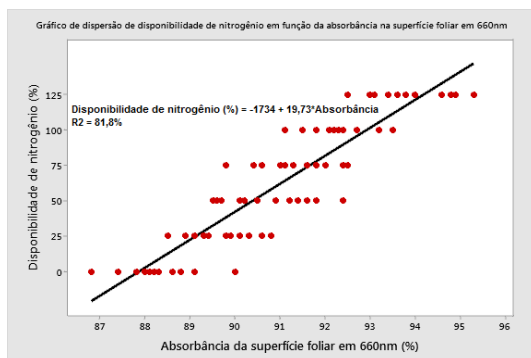
Figura 1 – Gráfico de dispersão e regressão linear do índice SPAD em função da disponibilidade de N.



(A)



(B)



(C)



(D)

(A): dispersão e regressão linear do índice SPAD em função da disponibilidade de N. (B) Gráfico de dispersão e regressão linear da média dos índices SPAD em função da disponibilidade de N. (C): dispersão e regressão linear da média da absorvância na superfície foliar em 660 nm em função da disponibilidade de N. (D): Desenvolvimento da parte aérea da alface de acordo com a disponibilidade de nitrogênio. 1: 0% da recomendação. 2: 25% da recomendação. 3: 50% da recomendação. 4: 75% da recomendação. 5: 100% da recomendação. 6: 125% da recomendação.

CONCLUSÕES: Dos resultados, observa-se a viabilidade da aplicação de métodos não destrutivos e instantâneos para o monitoramento da disponibilidade de nitrogênio na cultura da alface através de um clorofilômetro ou de espectrofotômetro portátil.

Os modelos gerados através dos dados obtidos com o clorofilômetro atingiram valores de correlação entre as variáveis e R^2 de 0,911 e 82,9% respectivamente. O espectrofotômetro apresentou melhores valores de correlação e R^2 entre as variáveis, principalmente com ondas de espectro na faixa de 430 nm, chegando a valores de 0,963 e 92,7% respectivamente, para o espectro na faixa de 660 nm os resultados também foram positivos, atingindo correlação entre as variáveis e R^2 de 0,962 e 92,6% em ordem.

REFERÊNCIAS:

- AGUIAR, A. et al. Boletim 200: Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 7. ed. Campinas-SP: Instituto Agrônomo, 2014.
- NIX SENSOR LTDA. Nix Pro, 2022. Disponível em: < https://www.nixsensor.com/wp-content/uploads/2022/04/Nix_Pro-2_Spec-Sheet_v1-3.pdf >
- NIX SENSOR LTDA. Nix Spectro 2, 2022. Disponível em: https://www.nixsensor.com/wp-content/uploads/2021/10/Nix_Spectro_Spec-Sheet_v2-2_03.pdf
- TAIZ, L. ZEIGER, E.. Fisiologia Vegetal. Trad. Eliane Romano Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.