

Índice SPAD en el crecimiento y desarrollo de plantas de *lisianthus* en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido

SPAD index according growth and development of lisianthus plants in relation to different nitrogen levels under protected environment

Antonio Ribeiro da Cunha^{1*}, Ieoschua Katz², Antônio de Pádua Sousa³,
Raúl Andres Martinez Uribe⁴

RESUMEN

El cultivo de *lisianthus* en Brasil es poco estudiado con relación a las condiciones ideales de cultivo, principalmente con relación al estado nutricional de las plantas. El diagnóstico del estado nutricional de la planta con relación al nitrógeno puede ser hecho por medio del análisis de su contenido en la hoja. El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento y desarrollo de plantas de *lisianthus* en maceteros con diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido, y a partir de esto, establecer un valor crítico del índice de clorofila (SPAD) en las hojas para el monitoreo de la necesidad de nitrógeno. El diseño experimental fue totalmente al azar con seis tratamientos y parcelas subdivididas, constituido por seis dosis de nitrógeno en la forma de nitrato de amonio (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg macetero⁻¹). El SPAD fue obtenido en las hojas mediante un medidor de clorofila SPAD-502 para identificar el momento exacto en que hay necesidad de nitrógeno. El modelo polinomial cuadrático creciente representó el desarrollo fisiológico de la planta con relación al aumento de la dosis de nitrógeno con tendencia de correlación positiva. El modelo polinomial cuadrático decreciente representó la disminución del SPAD al largo del crecimiento de la planta, y también con relación al aumento de la disponibilidad de la radiación fotosintéticamente activa. La mayor disponibilidad de radiación fotosintéticamente activa solamente aumenta el SPAD se hay aumento de la dosis de nitrógeno. El período de más necesidad de nitrógeno fue establecido en función del SPAD, entre 63 y 105 DDPI (días después del pinzado "pinch") y con índices SPADs de 52,14 a 52,78, asociado a la mayor dosis de nitrógeno (300 mg) y al intervalo de 233 a 261 Wm⁻² de radiación fotosintéticamente activa, responsables por el mayor número de botones florales de *lisianthus*.

Palabras clave: *Eustoma grandiflorum*; clorofilómetro; radiación fotosintéticamente activa.

ABSTRACT

The cultivation of lisianthus in Brazil is little studied in relation to the ideal growing conditions, especially with regarding the nutritional status of plants. The diagnosis of nutritional status in relation to plant nitrogen can be done through analysis of its contents in the leaf. The aim was to evaluate the growth and development of plants of lisianthus in pots under different nitrogen levels in a protected environment, and then establish a critical value of the chlorophyll content or SPAD on the leaves of the need for monitoring of nitrogen. The design was completely randomized with six treatments and a split plot, consisting of six levels of nitrogen as ammonium nitrate (50, 100, 150, 200, 250 and 300 mg/pot). The SPAD was obtained by the leaves of lisianthus by a chlorophyll meter SPAD-502 to identify the exact moment that there is a need for nitrogen. The increasing quadratic polynomial model represented the physiological development of plant lisianthus in relation to increasing the dosis of nitrogen with trend of positive correlation. The quadratic polynomial model represented the descending SPAD that decreased throughout the growth and development of the culture of lisianthus, and also in relation to the increasing availability of photosynthetically active radiation (PAR). The greater availability of PAR radiation only increases the SPAD index with increasing dosis of nitrogen. The period of greatest need for nitrogen was established at the SPAD, which covers the period between 63 and 105 DDPI, ranging from 52.14 to 52.78 SPADs for the cultivation of lisianthus, associated with a higher dosis of nitrogen used (300mg) and range from 233 to 261 W m⁻² of PAR radiation, responsible for the greatest number of flower buds of lisianthus.

Key words: *Eustoma grandiflorum*; chlorophyllometer; PAR radiation.

¹ Depto. de Solos e Recursos Ambientais, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

² Faculdade de Tecnologia de Mococa, Centro Paula Souza, Mococa, SP, Brasil.

³ Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

⁴ Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade Sagrado Coração, Bauru, SP, Brasil.

* Corresponding Autor: arcunha@fca.unesp.br

Introducción

El lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) es una flor silvestre de América del Norte, nativa de las regiones de praderas de Nebraska, Colorado y México. Fue introducida en Japón hace más de 60 años como planta ornamental, y desde esta época diversos cultivares fueron desarrollados incluyendo los colores púrpura, rosado, blanco, blanco-rosado y blanco con púrpura en la extremidad (Halevy & Kofranek 1984). Es la especie ornamental más cultivada en Brasil, siendo preferidos los cultivares Echo y Mariachi, con flores de coloración blanca y blanca con bordes azules. El ciclo de la planta es largo, de aproximadamente seis meses, desde la siembra hasta el florecimiento (Griesbach *et al.* 1988). En condiciones climáticas adecuadas, el lisianthus inicialmente forma una roseta y tiene un crecimiento lento en el invierno, el alargamiento del ramo ocurre en la primavera y florece en el verano (Zaccai & Edri 2002).

En Brasil, el cultivo de flores y plantas ornamentales comprende 3.978 establecimientos en un área de 48.518 mil ha (IBGE 2006), siendo una actividad concentrada en el estado de São Paulo y, particularmente, en la región del municipio de Holambra (IBRAFLOR 2011).

El cultivo de lisianthus necesita del control del crecimiento de las plantas en maceta para que se obtenga un producto con la calidad deseada por el mercado, y como es una especie aún poco estudiada en Brasil, principalmente con relación a las condiciones ideales de cultivo, se torna necesario el conocimiento del estado nutricional de las plantas, principalmente con relación al nitrógeno. La mayoría de los ecosistemas naturales presenta un expresivo incremento en la productividad después de la fertilización con nitrógeno inorgánico, demostrando la importancia del metabolismo de este elemento (Taiz & Zeiger 2013).

Actualmente, los análisis de intensidad del verde de las hojas ha sido una técnica muy utilizada en la evaluación del contenido de nitrógeno en una planta por el hecho de existir correlación directa entre la intensidad del verde y el contenido de clorofila con la concentración de nitrógeno en la hoja, pues el nitrógeno participa de la constitución de la molécula de clorofila (Taiz & Zeiger 2004). Los métodos tradicionales utilizados para determinar la cantidad de clorofila en la hoja requieren destrucción de muestras de tejido y mucho trabajo

en los procesos de extracción y cuantificación (Argenta *et al.* 2001). Con los recientes avances y mejora de los medidores portátiles (Guimarães *et al.* 1999) se convirtió en una tarea más rápida y con menor costo, posibilitando su utilización como criterio de evaluación del estado de nitrógeno de las plantas. Se destacan las lecturas obtenidas con el clorofilómetro portátil SPAD-502 que permiten la obtención de modelos matemáticos para la predicción del contenido de nitrógeno en las hojas, de manera simple y con elevado grado de precisión, economía de recursos, espacio físico y de tiempo en el procesamiento de muestras (Brandão *et al.* 2009). El índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) obtenido por el clorofilómetro portátil SPAD-502 es proporcional a la cantidad de clorofila presente en la hoja (Minolta Camera Co. 1989).

El SPAD-502 evalúa cuantitativamente la intensidad del verde de la hoja, midiendo las transmisiones de luz a 650 nm, donde ocurre absorción de luz por la molécula de clorofila y a 940 nm, donde no ocurre absorción. Este aparato permite mediciones instantáneas del valor correspondiente al contenido en la hoja, sin destruirla (Argenta *et al.* 2001), y determina un índice SPAD o índice relativo de clorofila que, normalmente, es altamente correlacionado con el contenido de clorofila de la hoja (Guimarães *et al.* 1999), identificando la deficiencia de nitrógeno.

Varios trabajos recomiendan la utilización del medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para la evaluación del estado nutricional de una planta con relación al nitrógeno, en lechuga (León *et al.*, 2007), algodón (Motomiya *et al.* 2009), papa (Gianquinto *et al.* 2003, Coelho *et al.* 2010), remolacha (Sexton & Carroll 2002), café (Reis *et al.* 2006), *Panicum maximum* Jacq. cv. Aruana (Lavres Jr & Monteiro 2006), frijoles (Silveira *et al.*, 2003, Barbosa Filho *et al.*, 2009), grama esmeralda (Backes *et al.* 2010), maíz (Argenta *et al.* 2003, Rambo *et al.* 2007, Espíndula *et al.* 2009, Hurtado *et al.* 2010), pimentón (Madeira *et al.* 2003, Godoy *et al.* 2003), y tomate (Fontes & Ronchi 2002, Ferreira *et al.* 2006).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el crecimiento y el desarrollo de plantas de lisianthus con diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido, asociados a la materia seca de las hojas y botones florales, y a partir de estas, establecer un rango crítico de índice SPAD en las hojas para el monitoreo de la necesidad de nitrógeno.

Material y Métodos

El experimento fue conducido en la Hacienda de Enseñanza, Investigación y Producción de São Manuel, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agronómicas-UNESP, Campus de Botucatu, SP, Brasil (22° 46' S de latitud, 48° 34' W de longitud, y 740 m de altitud), en el período de 30/06 a 15/10/2003.

El ensayo se realizó en ambiente protegido (vivero con cobertura plástica) orientado NW-SE, con estructura metálica y dimensiones de 17,50 m x 7,90 m, altura de 2,00 m, arco central de 4,00 m, con cobertura y cortinas laterales de polietileno transparente (PEBD), con espesor de 150 μm y 50% de atenuación de la radiación solar. Las cortinas se abrieron desde las 8:00 A.M. hasta las 6:00 P.M.

Las mesas de madera se confeccionaron con bases de tubos de PVC rellenos de concreto, nivelándose a una altura del suelo de 0,50 m. Se instalaron ocho mesas, divididas al medio, con válvulas de control de riego. Estas mesas fueron nuevamente subdivididas al medio caracterizando la parcela experimental, totalizando 32 parcelas, con 20 maceteros en cada parcela (total de 640 maceteros).

La planta utilizada fue *lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) var. *Mariachi blue picotee*. Las (mudas) semillas fueron sembradas entre el 15 y 20/03/2003 y trasplantadas el 03/06/2003 en maceteros con sustrato con la siguiente composición química: N (14%), P_2O_5 (18%), K_2O (20%), micronutrientes con: Mg (0,5%), B (0,03%), Cu (0,15%), Fe (0,1%), Mn (0,16%), Mo (0,2%), Zn (0,1%), y enriquecido con un suplemento de fósforo en la forma de superfosfato simple. La composición física del sustrato contenía 70% de cáscara de pino, 10% de arena gruesa y 20% de vermiculita. A partir del trasplante hasta el día 27/06/2003 le fue suministrado 2,0 g L^{-1} de fertilizante (fórmula 9-45-15) vía agua de riego en turnos diarios. Adicionalmente se realizaron dos aplicaciones semanales de 300 mg de N (Nitrato de Amonio). El 28-29/06/2003 fue realizada la operación de pellizcar, para la quiebra de la dominancia apical de las plantas (pinch) después del 2° y 3° par de hojas. El análisis de crecimiento fue efectuado después del 'pinch' en las siguientes fechas: 30/06, 21/07, 11/08, 01/09, 22/09 y 13/10/2003, en dos plantas por macetero.

El manejo del riego fue hecho por medio del método de pesaje de los maceteros y de la

evapotranspiración calculada. La lámina de reposición de agua en los maceteros fue establecida con base en la diferencia entre los valores obtenidos en la capacidad máxima de retención de agua del sustrato (905 g) y el punto de secado del sustrato en los maceteros (570 g). Como criterio, se usó el límite de 90% de la capacidad de retención máxima de agua en el sustrato, con reposición del nitrógeno asociada al riego (fertirriego).

El control de plagas y enfermedades en la planta fue hecho preventivamente de acuerdo con recomendaciones técnicas.

Los tratamientos consistieron de seis diferentes dosis de nitrógeno (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg macetero⁻¹), suministradas en soluciones previamente preparadas y aplicadas en forma directa en los maceteros plásticos por medio de botellas de plástico, donde, en una de las extremidades fue colocado un microtubo regulado con caudal igual a 2 l h⁻¹.

Se hicieron análisis de materia seca total (tallo, hoja y botones florales), de producción (número de botones florales), y del índice de clorofila (índice SPAD), 0, 21, 42, 63, 84, 105 DDPi (días después del *pinch*).

Las lecturas de clorofila fueron realizadas por medio del aparato Minolta SPAD-502, que evalúa cuantitativamente la intensidad del verde de la hoja (650 a 940 nm), siempre a las 02:00 P.M., obteniéndose medias de cuatro plantas al azar por parcela con mediciones de cinco hojas por planta, totalizando 20 hojas por parcela.

Las medidas de radiación fotosintéticamente activa (RFA) en MJ m^{-2} , en el vivero y en el campo, fueron obtenidas por radiómetro modelo SP Lite (Kipp & Zonen) acoplado a un sistema de adquisición automático (Micrologger CR23X Campbell Scientific).

Los modelos fueron ajustados, no solamente en función de la significancia de los coeficientes de determinación, sino también en función del fenómeno en estudio, ya que estos coeficientes son válidos solamente cuando el modelo es lineal. Las variables correlacionadas fueron: índice de clorofila (SPAD) y dosis de nitrógeno (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg macetero⁻¹); índice de clorofila (SPAD) y DDPi; materia seca de los botones florales (MSBF) y dosis de nitrógeno (mg macetero⁻¹); número de botones florales (NBF) y dosis de nitrógeno (mg macetero⁻¹); e índice de clorofila (SPAD) y radiación fotosintéticamente activa (RFA).

Resultados y Discusión

La planta de *lisianthus* presenta crecimiento y desarrollo de las hojas hasta 84 DDPi y a partir de esta fecha inicia el período de senescencia. Hasta 21 DDPi, el incremento de las dosis de nitrógeno (N) no causó diferencias en el contenido de materia seca de las hojas, indicando que la planta todavía estaba en fase de formación. A partir de 42 DDPi se iniciaron las diferencias, con tendencias superiores cuando se aplicaron 300 mg de N, observándose notable crecimiento hasta 84 DDPi (Figura 1A).

Las curvas de SPAD presentan una tendencia de decrecimiento, debido a que la mediación es hecha en la hoja, y por esto los valores de SPAD son más grandes cuando la planta está en el inicio del desarrollo vegetativo, momento en el cual la planta se encuentra en la plenitud del proceso fotosintético. A partir de esta fase hasta el fin del ciclo, el índice SPAD disminuye, siendo que esta disminución es más acentuada en las menores dosis de N, en función de su menor disponibilidad (Figura 1B).

Como el inicio de respuesta al nitrógeno sucedió a los 42 DDPi, se realizaron correlaciones a partir de esta fecha hasta 105 DDPi, utilizándose regresiones polinomiales cuadráticas entre el SPAD y las dosis de N (mg macetero^{-1}) (Figura 2). Estas regresiones representaron de forma adecuada el proceso fisiológico de la planta. En todas las regresiones se observó una tendencia de correlación positiva, corroborando con otros estudios ya realizados con N, como en Guimarães *et al.* (1999), Argenta *et al.* (2001, 2002), Neves *et al.* (2005), Lavres Jr &

Monteiro (2006), Ferreira *et al.* (2006), Reis *et al.* (2006), Godoy *et al.* (2007), Backes *et al.* (2008), Brandão *et al.* (2009), Motomiya *et al.* (2009), Coelho *et al.* (2010), Hurtado *et al.* (2010) y Pôrto *et al.* (2011). Esto ocurre porque 50% a 70% del N total en la hoja está asociado a enzimas presentes en los cloroplastos (Taiz & Zeiger 2004).

Índices SPAD obtenidos en hojas de diversas especies presentaron correlación positiva con la disponibilidad de N (Guimarães *et al.* 1999), siendo considerado un índice que evalúa el estado de N de las plantas, pudiendo ser medido mediante el equipo SPAD-502 con potencialidad para evaluar la respuesta de diversas especies a la aplicación del nitrógeno (Gianquinto *et al.* 2003).

A los 42 DDPi, a medida en que la dosis de N era aumentada (50 a $300 \text{ mg macetero}^{-1}$), el SPAD también aumentó hasta un máximo (intervalo entre 250 y $300 \text{ mg macetero}^{-1}$), dosis en la cual no se obtuvo aumento del SPAD, indicando la dosis máxima de N que la planta de *lisianthus* responde en esta fase fenológica-período vegetativo (Figura 2A). A partir de 63 hasta 105 DDPi, la planta estaba iniciando el proceso reproductivo, disminuyendo la respuesta de la planta con el aumento de la dosis de N, debido al movimiento del nitrógeno de las hojas para los demás órganos de la planta, principalmente en la formación de los botones florales. De esta forma las hojas de las plantas se tornaban menos verde (disminución del nitrógeno en las mismas), disminuyendo también el valor del SPAD (Figura 2B). El SPAD 42 DDPi presentó relación polinomial cuadrática (Figura 2),

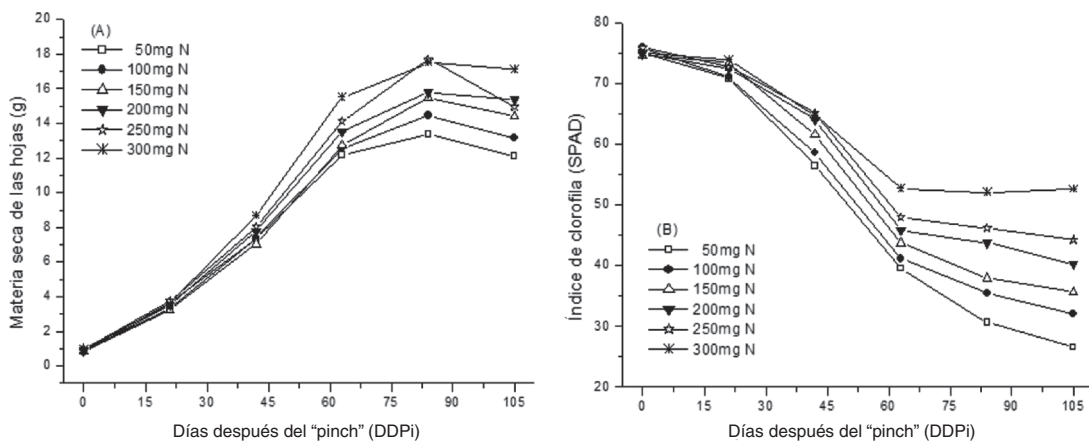


Figura 1. Materia seca de las hojas (A) e índice de clorofila (B), en plantas de *lisianthus* sometidas a diferentes dosis de nitrógeno (N). São Manuel, SP, 2003.

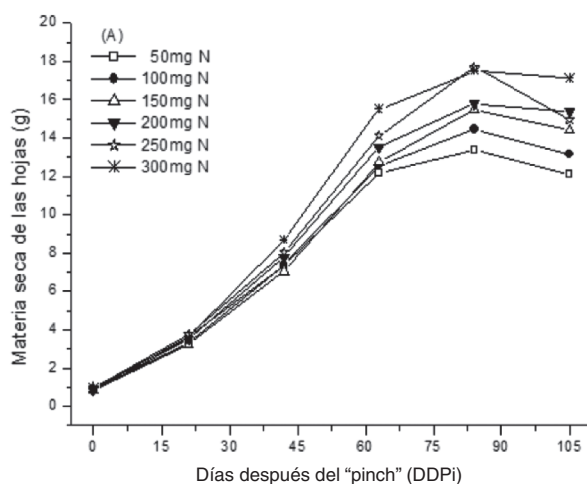


Figura 2. Regresiones polinomiales cuadráticas entre el índice de clorofila (SPAD) y las dosis de nitrógeno (N, mg macetero⁻¹), en plantas de lisianthus de 42 a 105 DDPi. São Manuel, SP. 2003.

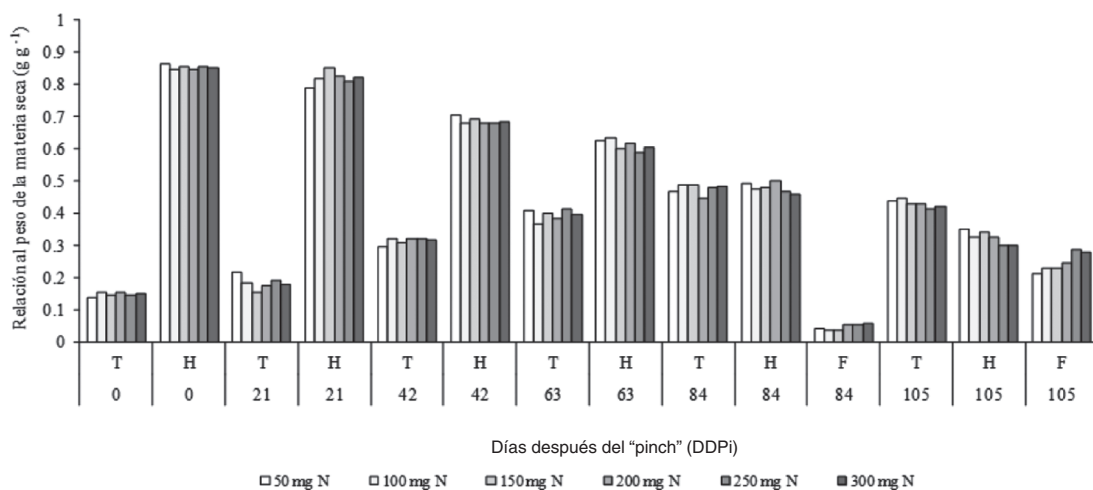


Figura 3. Cociente del peso del tallo (T), hoja (H) y flor (F) en lisianthus en relación al peso de la materia seca acumulada de toda la planta analizada (tallos, hojas y flores), sometidos a diferentes dosis de nitrógeno (mg macetero⁻¹) vía fertirriego. São Manuel, SP. 2003.

y a partir de 63 hasta 105 DDPi tuvo una tendencia más lineal (Figura 2).

Silva *et al.* (2007) evaluando el comportamiento del cambio de color y el contenido de clorofila en hojas de lechuga (*Lactuca sativa*) y cebollín (*Allium fistulosum*) mediante tres métodos diferentes: clorofilometría (unidad SPAD), colorimetría (ángulo hue 'h°) y espectrometría (mg g⁻¹ de hoja fresca), encontraron un comportamiento semejante entre los valores de clorofila medidos por los tres métodos.

El movimiento del N del tallo para las hojas hasta 63 DDPi es claramente observado, y a

partir de 84 DDPi se nota el movimiento de las hojas para la formación de los botones florales (Figura 3).

Entre 0 y 21 DDPi no hubo necesidad de monitorear el SPAD en la planta, una vez que no hubo diferencias en la respuesta en las diferentes dosis de N usadas (50 a 300 mg macetero⁻¹). Sin embargo, después de 21 DDPi, en función de la respuesta con relación al N, se observó la necesidad del monitoreo, debido a que en este momento la planta estaba en período vegetativo (gran exigencia de N).

Debido a esto, fue posible establecer los índices SPAD, que identifican el período de mayor necesidad de N, entre 63 y 105 DDPI, período en que ocurre una mayor actividad de redistribución de N de las hojas de la planta para la formación de los botones florales (Figura 3), con rangos de índice SPAD variando entre 52,14 a 52,78 para la planta de *lisianthus* (Figura 1B).

Diversos trabajos presentan rangos de lecturas del clorofilómetro (SPAD) con el propósito de diagnosticar el nivel de N en diferentes cultivos de: papa (Silva *et al.* 2009) entre 35,2 y 42,2; y (Coelho *et al.* 2010) entre 35,2 y 42,2; maíz (Argenta *et al.* 2001, 2003) entre 40,5 y 43,7; y (Godoy *et al.* 2007) entre 46,6 y 53,0; *Panicum maximum* Jacq. cv. Aruana (Lavres Jr & Monteiro 2006) valores entre 42,8 y 49,0; pasto Mombasa (Manarim & Monteiro 2003) valores entre 41,0 y 45,0; calabacín (Pôrto *et al.* 2011) valor de 55,6; frijoles (Barbosa Filho *et al.* 2009) valores entre 42,0 y 46,0; y tomate (Ferreira *et al.* 2006) valores entre 48,4 y 51,7 en primavera/verano, y entre 41,3 y 46,3 en otoño/primavera.

Con los análisis de correlación entre el SPAD y DDPI, en las diferentes dosis de N, fue posible evaluar la interacción entre las variables correlacionadas por medio del modelo polinomial cuadrático, con buenos ajustes (Figura 4). La relación encontrada muestra que el SPAD tiene una tendencia de disminución, con valores más grandes cuando la planta está en el inicio del desarrollo vegetativo (plenitud del

proceso fotosintético), y después, hasta el fin del ciclo, el SPAD decrece presentando una tendencia de correlación negativa, siendo esta disminución más acentuada en las menores dosis de N en función de la menor disponibilidad.

Evaluándose la materia seca de los botones florales (MSBF), entre 84 y 105 DDPI, en la dosis de 300 mg macetero⁻¹ de N, el desarrollo de los botones florales fue mayor de 105 DDPI. En las correlaciones entre la MSBF y las dosis de N se obtuvo la función polinomial cuadrática como modelo representativo, con una respuesta creciente en el desarrollo a medida que se aumentaban las dosis de N (Figura 5).

El número de botones florales (NBF), entre 63 y 105 DDPI, fue mayor en la dosis de 300 mg macetero⁻¹ de N. En las correlaciones entre el NBF y las dosis de N, se obtuvo el modelo polinomial cuadrático como más representativo. En el inicio de la formación de los botones florales (63 DDPI), las diferencias entre los tratamientos solamente ocurrieron a partir de la dosis de 200 mg macetero⁻¹ de N, de forma creciente. Entre 84 y 105 DDPI, las diferencias crecientes ya iniciaron desde el tratamiento 100 mg hasta 300 mg macetero⁻¹ de N (Figura 6).

En las correlaciones entre el SPAD y la radiación fotosintéticamente activa (RFA), el modelo polinomial cuadrático también representó mejor las relaciones. Obsérvese que a medida que se aumenta

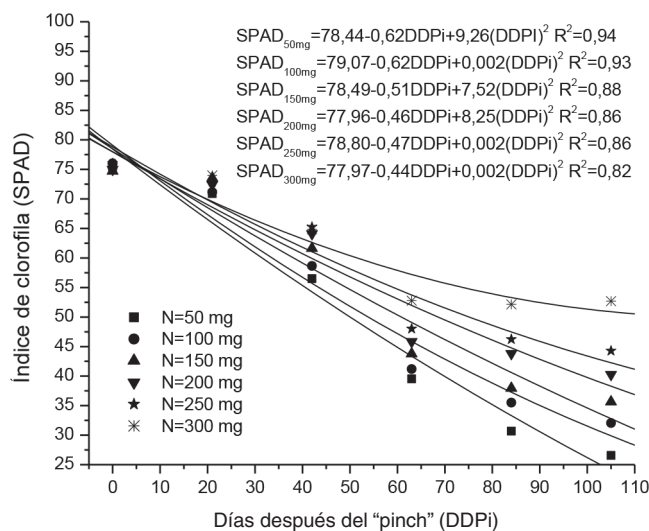


Figura 4. Correlaciones entre el índice de clorofila (SPAD) y días después el "pinch" (DDPI), en las diferentes dosis de nitrógeno (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg macetero⁻¹). São Manuel, SP. 2003.

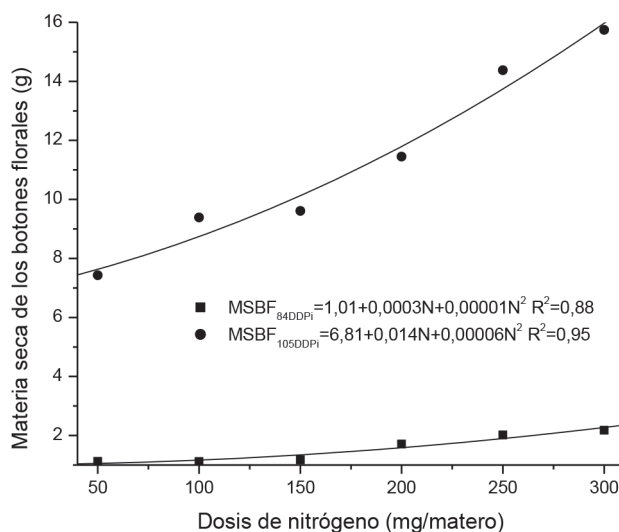


Figura 5. Correlaciones entre la materia seca de los botones florales (MSBF) y las diferentes dosis de nitrógeno (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg macetero⁻¹), en los períodos de 84 y 105 DDPI. São Manuel, SP. 2003.

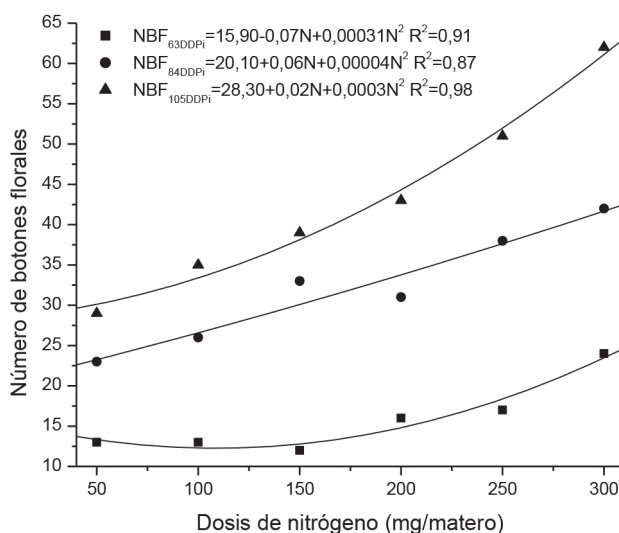


Figura 6. Correlaciones entre el número de botones florales (NBF) y las diferentes dosis de nitrógeno (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg macetero⁻¹), en los períodos de 63, 84 y 105 DDPI. São Manuel, SP. 2003.

la dosis de N, la planta de lisianthus aprovecha mejor a RFA disponible, y consecuentemente, eleva los valores del SPAD. Esto indica que el índice SPAD es altamente dependiente de la dosis de N, pues en las dosis menores de N, con la elevación de la RFA, el SPAD permanece prácticamente inalterado. Así, cuan mayor es la dosis de N, mayor será la eficiencia fotosintética de la planta, y con esto, mayor será el índice SPAD (Figura 7). Por lo tanto, el monitoreo del N en plantas de lisianthus puede ser hecho con

un medidor de clorofila SPAD-502, en el período entre 63 y 84 DDPI, el de mayor necesidad de N debido a la formación de botones florales. Los rangos de 52,14 a 52,78 SPAD en lisianthus está asociado con la dosis más grande de N usada (300 mg macetero⁻¹) y con el intervalo de 233 a 261 W m⁻² de RFA, responsables por el mayor número de botones florales.

Las lecturas obtenidas por el clorofilómetro Minolta SPAD-502 tornaron posible la obtención

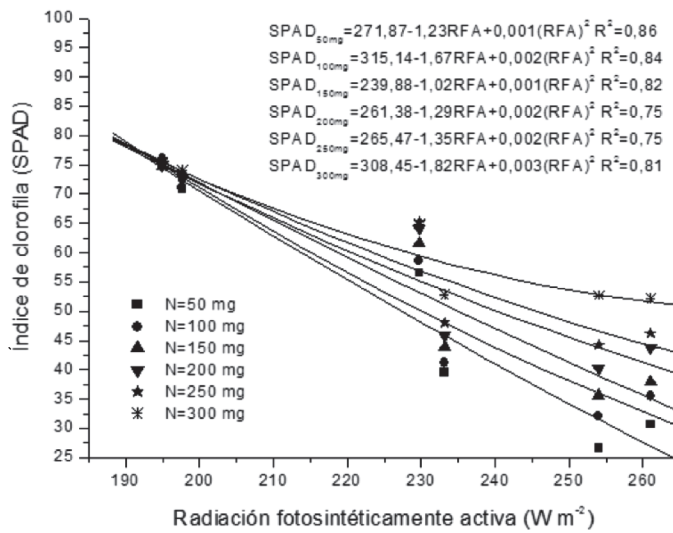


Figura 7. Correlación entre Índice de clorofila (SPAD) y radiación fotosintéticamente activa (RFA, $W m^{-2}$), en las diferentes dosis de nitrógeno (N, mg macetero⁻¹).

de modelos matemáticos para la predicción del contenido de N en las hojas del lisianthus, confiriendo agilidad en el diagnóstico nutricional para definir estrategias de como corregir la deficiencia de N, pues de acuerdo con Argenta *et al.* (2002), los tests tradicionales que determinan el contenido de N en el tejido vegetal poseen la desventaja de no posibilitar corrección de la deficiencia de este nutriente en el mismo año agrícola, siendo apenas útiles para identificar si hubo falta o exceso de este nutriente en una determinada fase de desarrollo.

Conclusión

El modelo polinomial cuadrático creciente representa el desarrollo fisiológico de la planta de lisianthus con relación al aumento de la dosis de nitrógeno, con una tendencia de correlación positiva.

El modelo polinomial cuadrático decreciente representa la disminución del índice SPAD a lo largo del crecimiento y desarrollo de la planta de lisianthus, y también con relación al aumento de la disponibilidad de la radiación fotosintéticamente activa.

La mayor disponibilidad de radiación fotosintéticamente activa solamente aumenta el índice SPAD si hay aumento de la dosis de nitrógeno.

El período de mayor necesidad de nitrógeno comprende 63 y 105 DDPi, variando entre 52,14 y 52,78 SPAD para la planta de lisianthus, asociado a la dosis más grande de nitrógeno usada (300 mg macetero⁻¹) y al intervalo de 233 a 261 $W m^{-2}$ de radiación fotosintéticamente activa, responsables por el mayor número de botones florales de lisianthus.

Literatura Citada

- Argenta, G.; Silva, P.R.F.; Bortolini, C.G.; Forsthofer, E.L.; Strieder, M.L.
 2001. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13(2): 158-167.
- Argenta, G.; Silva, P.R.F.; Forsthofer, E.L.; Strieder, M.L.; Suhre, E.; Teichmann, L.L.
 2002. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(4): 519-527.
- Argenta, G.; Silva, P.R.F.; Mielniczuk, J.; Bortolini, C.G.
 2003. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(1): 109-119.
- Barbosa Filho, M.P.; Cobucci, T.; Fageria, N.K.; Mendes, P.N.
 2009. Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorado com auxílio de sensor portátil. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(2): 425-431.

- Backes, C.; Villas Bôas, R.L.; Lima, C.P.; Godoy, L.J.G.; Büll, L.T.; Santos, A.J.M.
2010. Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto. *Bragantia*, 69(3): 661-668.
- Brandão, Z.N.; Sofiatti, V.; Ferreira, G.B.; Lima, R.L.S.; Beltrão, N.E.M.; Silva, B.B.
2009. Predição da adubação nitrogenada através da utilização do índice SPAD para o algodoeiro no semi-árido. *Engenharia Ambiental*, 6(3): 368-382.
- Coelho, F.S.; Fontes, P.C.R.; Puiatti, M.; Neves, J.C.L.; Silva, M.C.C.
2010. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(4): 1175-1183.
- Espíndula, M.C.; Rocha, V.S.; Fontes, P.C.R.; Silva, R.C.C.; Souza, L.T.
2009. Effect of nitrogen and trinexapac-ethyl rates on the SPAD index of wheat leaves. *Journal of Plant Nutrition*, 32(11): 1956-1964.
- Ferreira, M.M.M.; Ferreira, G.B.; Fontes, P.C.R.; Dantas, J.P.
2006. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. *Revista Ceres*, 53(305): 83-92.
- Fontes, P.C.R.; Ronchi, C.P.
2002. Critical values of nitrogen indices in tomato plants grown in soil and nutrient solution determined by different statistical procedures. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(10): 1421-1429.
- Gianquinto, G.; Sambo P.; Bona S.
2003. The use of SPAD-502 chlorophyll meter for dynamically optimizing the nitrogen supply in potato crop: A methodological approach. *Acta Horticulturae*, 32(607): 197-204.
- Guimarães, T.G.; Fontes, P.C.R.; Pereira, P.R.G.; Alvarez, V.V.H.; Monnerat, P.H.
1999. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. *Bragantia*, 58(1): 209-216.
- Godoy, L.J.G.; Villas Bôas, R.L.; Büll, L.T.
2003. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(6): 1049-1056.
- Halevy, A.H.; Kofranek, A.M.
1984. Evaluation of *Lisianthus* as a new flower crop. *HortScience*, 19(7): 845-847.
- Hurtado, S.M.C.; Silva, C.A.; Resende, A.V.; Corazza, E.J.; Shiratsuchi, L.S.; Higashikawa, F.S.
2010. Sensibilidade do clorofilômetro para diagnóstico nutricional de nitrogênio no milho. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(3): 688-697.
- IBGE.
2006. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da federação*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf>. Consultado: 24/10/2011.
- IBRAFLO.
2011. Instituto Brasileiro de Floricultura. *Encontro brasileiro de dirigentes de mercado de flores e plantas ornamentais*. Disponível em: <<http://ceasacampinas.com.br/ibra.htm>>. Consultado: 24/10/2011.
- Lavres Jr, J.; Monteiro, F.A.
2006. Diagnóstico nutricional de nitrogênio no capim-aruanã em condições controladas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30(5): 829-837.
- León, A.P.; Viña, S.Z.; Frezza, D.; Chaves, A.; Chiesa, A.
2007. Estimation of chlorophyll contents by correlations between SPAD-502 meter and chroma meter in butterhead lettuce. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38(19-20): 2877-2885.
- Madeira, A.C.; Ferreira, A.; Varennes, A.; Vieira, M.I.
2003. SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf color in sweet pepper. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34(17-18): 2461-2470.
- Minolta Camera Co.
1989. *Manual for chlorophyll meter SPAD-502*. Minolta Camera Co., Ltd., Japan. 22 pp.
- Motomiya, A.V.A.; Molin, J.P.; Chiavegato, E.J.
2009. Utilização de sensor óptico ativo para detectar deficiência foliar de nitrogênio em algodoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(2): 137-145.
- Neves, O.S.C.; Carvalho, J.G.; Martins, F.A.D.; Pádua, T.R.P.; Pinho, P.J.
2005. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(5): 517-521.
- Pôrto, M.L.; Puiatti, M.; Fontes, P.C.R.; Cecon, P.R.; Alves, J.C.; Arruda, J.A.
2011. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. *Horticultura Brasileira*, 29(3): 311-315.
- Rambo, L.; Silva, P.R.F.; Strieder, M.L.; Sangoi, L.; Bayer, C.; Argenta, G.
2007. Monitoramento do nitrogênio na planta e no solo para predição da adubação nitrogenada em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(3): 407-417.
- Reis, A.R.; Furlani Jr, E.; Buzetti, S.; Andreotti, M.
2006. Diagnóstico da exigência do caféiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. *Bragantia*, 65(1): 163-171.
- Sexton, P.; Carroll, J.
2002. Comparison of SPAD chlorophyll meter readings vs. petiole nitrate concentration in sugarbeet. *Journal of Plant Nutrition*, 25(9): 1975-1986.
- Silva, J.M.; Ongarelli, M.G.; Aguilá, J.S.; Sasaki, F.F.; Kluge, R.A.
2007. Métodos de determinação de clorofila em alfafa e cebolinha minimamente processadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 8(2): 53-59.
- Silveira, P.M.; Braz, A.J.B.P.; Didonet, A.D.
2003. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(9): 1083-1087.
- Taiz, L.; Zeiger, E.
2004. *Fisiologia Vegetal*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed. 719 pp.
- Zaccari, M.; Edri, N.
2002. Floral transition in *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*). *Scientia Horticulturae*, 95(4): 333-340.

