

Nitrato en peciolo de fresa

El análisis de peciolo puede realizarse en el campo con equipos simples, baratos y de sencillo manejo

RAFAEL LOPEZ NUÑEZ¹, INMACULADA GARCIA¹, FRANCISCO CABRERA¹, J. MANUEL MURILLO¹, MANUEL ROCA², FRANCISCO MARTIN²
 Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC¹
 EUITA El-Cuarto, Sevilla Mancomunidad ISLANTILA²



Un tipo de análisis que puede resultar especialmente útil para el agricultor es el que se conoce como «análisis de peciolo». Este presenta la ventaja de poder ser realizado en el campo con equipos simples, baratos y de sencillo manejo, obteniéndose en pocos minutos un resultado que indicará, si se dispone de las adecuadas tablas de interpretación de los resultados, si la fertilización está siendo adecuada o no, y por tanto si es necesario modificarla, aumentando o disminuyendo la dosis de nitrógeno (fósforo y potasio). Este tipo de análisis ha sido aplicado con

El análisis de peciolo ha sido aplicado con éxito para establecer las dosis de nitrógeno en muchos cultivos. Existen precedentes que muestran la posibilidad de aplicarlo a la fresa

éxito para establecer las dosis de nitrógeno en cultivos como maíz, remolacha, algodón, patatas y diversos cultivos hortícolas. Existen también algunos precedentes que muestran la posible aplicabilidad de los test de nitrato en fresa. Raynal y Cousin (1996) utilizaron un test de nitrato en savia de

peciolo de fresa como indicación de la fertilización nitrogenada en el cultivar de fresa «Selva», en perlita y en suelo, y encontraron que el contenido de nitrato en el peciolo efectivamente responde a la disponibilidad de nitrógeno en el sustrato. Estos mismos autores determinaron un valor crítico para la deficiencia de nitrógeno entre 500 y 700 mg/l de NO_3 , y como intervalo de suficiencia el comprendido entre 1000 y 1500 mg/l de nitrato. En el caso del fresón de Huelva, ha podido comprobarse la posibilidad de medir el contenido de nitrato en peciolo mediante un procedimiento rápido reflectométrico de varillas, aunque en muestras sometidas a preparación en el laboratorio (secado, molienda, extracción acuosa) (López et al. 1997; Capitán M., 1997).

Los ensayos son variados, incluyendo ensayos de variedades, marcos, fechas de plantación, técnicas de plantación, enmiendas orgánicas o alternativas al bromuro

Las medidas realizadas en una fase precoz del desarrollo de la fresa mostraron una correlación positiva con el contenido de nitrato en suelo y una correlación negativa con la producción final. Para la variedad Camarosa, Cabrera et al. (1997) encontraron una correlación negativa entre la producción y la dosis total de nitrógeno aplicado.

Los objetivos de este trabajo son:

- El desarrollo y puesta a punto de un test analítico rápido aplicable en campo de forma sencilla (medida reflectométrica del contenido de nitrato en peciolo de fresón con varillas).

- Determinar los valores de referencia (niveles de deficiencia, suficiencia y exceso) para la interpretación de los resultados del anterior test, fundamentalmente para la variedad Camarosa por ser la más extendida en la actualidad.

- Se podrían así establecer las cantidades de abonos nitrogenados aplicadas en la fertirrigación en función de los valores suministrados por el test, y evitar los problemas derivados de la sobrefertilización nitrogenada.

Muestras

Durante la campaña fresera de 1998 un total de 586 muestras de peciolas de fresa de distintas variedades fueron tomadas en varios campos experimentales distribuidos en toda la zona fresera de Huelva. En el cuadro 1 puede encontrarse una relación de los campos muestreados y en el cuadro 2 una relación de la distribución de las muestras por variedades. Estas muestras se tomaron en dos ocasiones durante el desarrollo del cultivo. El primero de los muestreos (319 muestras) se efectuó del 15 de enero de 1998 al 13 de marzo de 1998. El segundo (267 muestras) se realizó desde el 17 de marzo al 20 de abril de 1998. Estos ensayos son variados, incluyendo ensayos de variedades, marcos, fechas de plantación, técnicas de plantación, enmiendas orgánicas o alternativas al bromuro.

Cada muestra estaba constituida por un total de 20 hojas (siguiendo las indicaciones de Tabor y col. 1984 y Scaife y Stevens 1983 para otros cultivos), sanas y completamente desarrolladas, recogidas al azar de plantas diferentes de cada parcela elemental. Se procuró recoger las muestras en días soleados, después de al menos 2 días soleados anteriores y entre las 10 y las 14 horas con objeto de normalizar al máximo las condiciones de la recogida de muestras (Scaife y Stevens 1983). Para cada muestra, además de realizarse el análisis de nitrato en los peciolas, se tomaron los siguientes datos: peso de las hojas (completas), peso

El resultado del análisis indica si se dispone de las adecuadas tablas de interpretación de los resultados, si la fertilización está siendo adecuada o no, y por tanto si es necesario modificarla, aumentando o disminuyendo la dosis de nitrógeno

Cuadro 1:
Relación de campos de muestreo y muestras tomadas

Localidad	Finca	Ensayo	Entidad	Nº muestras Muestreo 1	Nº muestras Muestreo 2
Cartaya	Torreagro	Enmien. Org.	IRNAS-CSIC	34	34
Cartaya	Los Reventones	Varios	Cons. Agric.	60	58
Tariquejo		Bromuro	Cons. Agric.	26	24
Cartaya	Valdeflores	Variedadx marco	Cons. Agric.	13	12
Moguer	El Cebollar	Varios	Cons. Agric.	52	52
Bonares	Los Llanos	Varios	Freshuelva	20	20
Lepe	Varias	Parc. comercial		9	0
Lepe	La Bella	Varios	Freshuelva	23	23
Isla Cristina	Calderón	Varios	Freshuelva	28	27
Lepe	Alfonseca	Varios	Freshuelva	17	17
Almonte	Manuel Rguez.	Varios	Freshuelva	16	0
Moguer	Varias	Parc. comercial		16	0
Villamanrique		Parc. comerc.		3	0
TOTAL				319	267



de los peciolo, variedad, marco, fecha de plantación, abonado efectuado hasta el muestreo, rendimiento precoz (hasta el 31 de marzo) y rendimiento hasta final de campaña (ambos en g/planta).

Procedimiento rápido de análisis de nitrato en peciolo

En esencia, el procedimiento analítico desarrollado para el análisis de nitrato en peciolo consiste en:

* La extracción con agua del nitrato contenido en los peciolo. Esta extracción se efectúa batiendo los peciolo con un volumen medido de agua en una batidora de tipo doméstico.

- La medida del nitrato en el extracto acuoso con varillas reactivas que se leen en un reflectómetro portátil (RQFlex de Merck). Una descripción detallada de este tipo de reflectómetros y de sus principios de funcionamiento puede encontrarse en Schaefer (1986) y Holden y Scholefield (1995). Se pueden utilizar dos tipos de varillas Merck Reflectoquant Nitrato en función de la cantidad de nitrato presente: de 3 a 90 mg/l de nitrato, Varillas Ref.

1.16995.0001 y 5 a 225 mg/l de nitrato Varillas Ref. 1.16971.0001. Esto evita tener que realizar diluciones en el caso de medidas fuera de escala.

En el desarrollo del procedimiento analítico se han realizado pruebas para determinar el número de peciolo que deben formar la muestra; el momento del día en que deben tomarse; el tiempo de batido necesario para la extracción y la recuperación y el error del procedimiento en muestras «dopadas».

Teniendo en cuenta lo establecido en los apartados anteriores el protocolo de medida de nitrato en peciolo de fresón con el test reflectométrico de varillas sería el siguiente:

ser estrictamente controlado, y es calibrado para cada lote de varillas mediante un código de barras que lo acompaña. Sea L el resultado de la lectura del reflectómetro, en mg NO₃ l-1.

- Conviene comprobar cada día de trabajo el buen funcionamiento del aparato con un patrón de concentración conocida de nitrato, por ejemplo de 10 mg N-NO₃ l-1 (44.2 mg NO₃ l-1). Las lecturas del patrón suelen variar en menos de un 5%, y en caso contrario conviene realizar una limpieza de las partes ópticas del reflectómetro.

- Calcular la concentración de N-nitrato en mg kg-1 de peso verde o fresco de peciolo, que viene dada por

Cuadro 2: Distribución de las muestras por variedades

Variedad	Nº muestras-Muestreo 1	Nº muestras-Muestreo 2
Camarosa	188	149
Andana	30	29
RB11	30	29
Tudlla New	28	27
Oso Grande	10	5
Tudla	6	5
Cartuno	4	4
Otras	23	19
Todas	319	267

- Tomar 20 hojas con sus peciolo sanas y completamente desarrolladas, repartidas en la parcela. Para parcelas grandes tomar varias muestras de 20 hojas.

- Separar los peciolo en su unión con el foliolo y pesarlos en fresco. Sea Ppec el peso de los 20 peciolo.

- Introducir los peciolo en la batidora, añadir 100 ml de agua destilada y batir durante 3 minutos. Dejar reposar 5 minutos y volver a batir 2 minutos.

- Introducir una varilla reactiva de nitrato durante 1-2 segundos en el líquido, sacarla, sacudirla para eliminar el exceso de líquido, limpiar con un pincel los restos de tejido de peciolo que pudieran haber quedado adheridos en la zona de reacción de la varilla y dejar que se desarrolle el color. Exactamente 60 segundos después de haber introducido la varilla en la muestra, leerla en el reflectómetro. El reflectómetro dispone de cronómetro-avisador que se activa al iniciar el procedimiento, ya que el tiempo de reacción debe

la expresión N-NO₃ (mg kg-1 en fresco) = L x 0.226 / Ppec

Las medidas obtenidas con el anterior procedimiento, en muestras de peciolo de fresón que abarcaban un amplio intervalo de concentraciones de nitrato, fueron comparadas con los resultados obtenidos al determinar el contenido de nitrato en muestras de las mismas parcelas, pero realizando la medida en laboratorio mediante electrodo selectivo de nitrato (Wallinga et al. 1995). Los resultados obtenidos con ambos procedimientos analíticos mostraron una correlación lineal significativa.

Concentración de nitrato en cada muestreo para cada variedad

En el cuadro 3 se muestran las concentraciones medias de N-nitrato (sobre peso fresco) en ambos muestreos para las variedades de las que se tomaron más muestras. En el primer muestreo las concentraciones más altas correspondieron a las variedades Ciloe (802 mg kg-1) y Cigaline (631 mg kg-



1), no incluídas en la tabla y a Tudla. El menor contenido lo presentó Andana. En el segundo muestreo los mayores valores lo presentaron Oso Grande y Tudla y el menor correspondió a Cartuno. La similitud con las observaciones de la campaña anterior sugiere como ya apuntaron López y col. (1997) y Capitán (1997) que el contenido de nitrato en el peciolo podría ser dependiente del tipo de variedad.

Comparando los valores obtenidos en ambas campañas de muestreo, para las variedades de las cuales se disponía de un mayor número de muestras (Camarosa, Andana, RB11), los contenidos medios de nitrato son muy similares. Para la variedad que más nos interesa, Camarosa, los valores medios correspondientes a los dos muestreos no son diferentes estadísticamente según el test t de Student ($T = 1.134$; $P = 0.259$; $f = 143$). Esto indica que el contenido de nitrato en la variedad Camarosa puede mantenerse relativamente estable en el período comprendido entre los dos muestreos realizados, lo cual facilitaría la adopción de criterios únicos para la interpretación de los resultados en un amplio intervalo de la campaña.

Cuadro 3:
Concentración de nitrato en cada muestreo para diferentes variedades

Variedad	Muestreo 1 N-NO ₃ mg kg ⁻¹ fresco	Muestreo 2 N-NO ₃ mg kg ⁻¹ fresco
Camarosa	249(*)	231(*)
Andana	199	215
RB11	284	261
Tudlla New	319	268
Oso Grande	292	352
Tudla	425	348
Cartuno	311	183
Todas	267(**)	252(**)

(*) No diferentes según t-Student al nivel de probabilidad $P = 0,05$

(**) Diferentes según t-Student al nivel de probabilidad $P = 0,05$

antes de la segunda toma de muestras. Estas muestras presentaron en el segundo muestreo un contenido de nitrato en peciolo anormalmente bajo, lo cual confirma la posibilidad de utilizar el análisis de nitrato en peciolo para el seguimiento o control de la fertilización nitrogenada.

La ecuación de la recta de regresión lineal representada en la figura (exceptuando los datos del ensayo

Relaciones de la producción con el contenido de nitrato en Camarosa

En la figura 2 se ha representado la tasa de producción diaria del período comprendido entre la plantación y el 31 de marzo frente al contenido de nitrato para todas las parcelas de Camarosa. Como puede observarse en esta figura, se observa una relación entre tasa de producción y concentración de nitrato. Visualmente, esta relación vendría dada por un aumento de producción para concentraciones bajas de nitrato (por debajo de 200 mg kg⁻¹ de N-nitrato), producciones máximas entre 200 y 400 mg kg⁻¹ de N-nitrato, y tal vez un descenso para las concentraciones mayores de nitrato. Si se ajustan los puntos de la figura a una ecuación de segundo grado (línea curva inferior de la figura 2) nos da un máximo de producción a 380 mg kg⁻¹ de N-nitrato sobre peso fresco de peciolos. Sin embargo, este punto máximo, que podría corresponder a la media de las parcelas, no parece ser adecuado de forma general. La posible línea envolvente superior de todos los puntos (línea discontinua) marcaría las parcelas de mayor productividad precoz, y por tanto correspondería a parcelas en las que el suministro de nitrógeno podría ser limitante mientras que otros factores que condicionen la producción pueden ser considerados óptimos. Esta línea envolvente, que se corresponde con una curva típica producción/nutriente, muestra ya valores altos de producción desde unos 130 mg kg⁻¹ de N-nitrato, tiene un máximo a 260 mg kg⁻¹ de N-



Desarrollo del color en las varillas durante 1 minuto

«anómalo») es:

$$\text{N-nitrato } 2^{\circ} \text{ muestreo} = 0.907 (\text{N-nitrato } 1^{\circ} \text{ muestreo}) \quad r^2 = 0.183; r = 0.428$$

En la figura 1 se han representado los pares de valores nitrato en el primer muestreo - nitrato en el segundo para las parcelas de Camarosa. En esta figura, los puntos de la parte inferior, cercanos al eje horizontal, corresponden a un ensayo que se dejó de fertilizar días

lo cual indica que, en general, la concentración de nitrato en el segundo muestreo fue un 10% menor que la del primer muestreo, aunque los valores medios de ambos muestreos (249 y 231 mg kg⁻¹ en 1° y segundo respectivamente) no fueran estadísticamente diferentes.

nitrate, y desciende a partir de unos 300 mg kg⁻¹ de N-nitrato. Es decir, que para parcelas muy productivas, un contenido satisfactorio de nitrato en el peciolo sería el comprendido entre 130 y 300-350 mg kg⁻¹ de N-nitrato. El hecho de que el intervalo satisfactorio se desplace en las parcelas más productivas a valores más pequeños respecto al comportamiento medio puede obedecer a que en las primeras se dé cierta dilución del nutriente por un mayor desarrollo foliar o haya una mayor exportación a los frutos. Otro dato de interés a remarcar es que para concentraciones de N-nitrato por encima de los 350-400 mg kg⁻¹ no se consiguen mejores tasas de producción por día.

En la figura 3 se muestra una producción normalizada correspondiente al periodo que va del 31 de marzo al final de campaña frente a la correspondiente concentración de nitrato del se-

Existe la posibilidad de que en fincas relativamente poco productivas se incremente la fertilización nitrogenada suponiendo que con ello se aumentará la producción. Todos los resultados indican que no es así

gundo muestreo. Esta producción normalizada se ha obtenido dividiendo la tasa de producción diaria durante la segunda parte de la campaña por el peso de peciolo de cada muestra. Se ha utilizado esta producción normalizada en un intento de homogeneizar las producciones de todas las parcelas, cuyas condiciones de cultivo son muy diferentes. Se ha dividido por el peso de los peciolo porque tanto la producción precoz como la total presentan una elevada correlación lineal con este peso (en suma este es un factor que nos da el desarrollo vegetativo de las plantas). En la figura 3 se observa una correlación lineal positiva entre producción y contenido de nitrato. Las mayores producciones normalizadas se dieron para valores de N-nitrato entre unos 150 y 500 mg kg⁻¹, decreciendo la producción normalizada fuera de este intervalo.

Figura 1:
Relación del nitrato en ambos muestreos

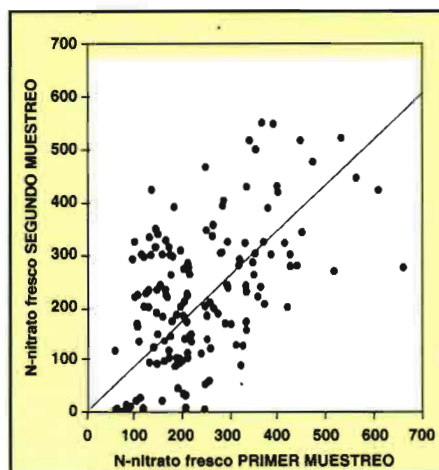
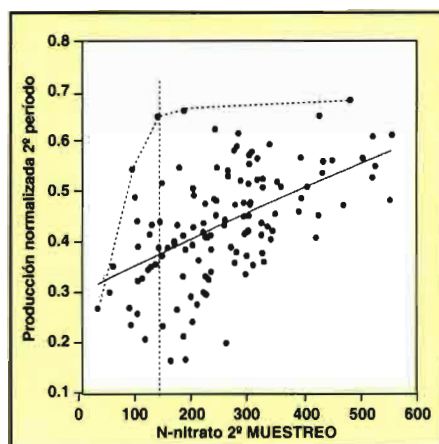


Figura 3:
Relación del nitrato (2º) con la producción



Relación producción - fertilización nitrogenada en Camarosa

En la figura 4 se ha representado el rendimiento precoz (media de cada finca en g/planta) frente a la tasa de fertilización nitrogenada media en el riego (no se incluye dosis de abonado de fondo) durante el periodo comprendido desde la plantación hasta el momento en que se tomaron las primeras muestras (kgN ha⁻¹día⁻¹). Aunque no existen relaciones definidas entre ambos factores, dado lo pequeño de la población, si se observan ciertas tendencias. Las fincas con mayor producción precoz recibieron durante los primeros meses tasas de fertilizante nitrogenado en el riego considerablemente inferior-

Figura 2:
Relación rendimiento precoz - contenido de nitrato

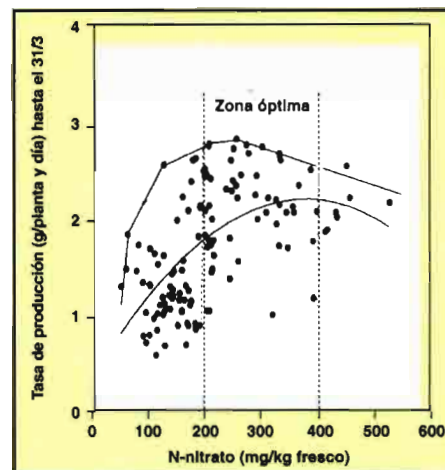
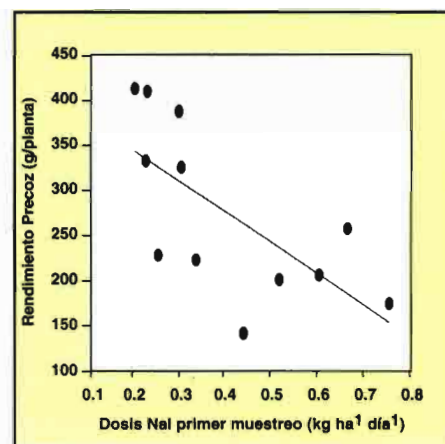


Figura 4:
Relaciones Rendimiento-Fertilización



res (del orden de 0.2-0.3 kgN ha⁻¹ día⁻¹) mientras que tasas mayores (del orden de 0.45 a 0,8 kgN ha⁻¹ día⁻¹) no están asociadas a mayores producciones. Lo mismo cabe indicar si se considera la producción total de la campaña y la tasa de fertilización media hasta el segundo muestreo (datos no mostrados). Pueden darse dos explicaciones para lo anterior. La primera es que existe la posibilidad de que en fincas relativamente poco productivas se incremente la fertilización nitrogenada suponiendo que con ello se aumentará la producción. Todos los resultados anteriores indican que no es así: posiblemente al aumentar la fertilización la planta va a acumular nitrógeno (correspondería esta situación a las parcelas

con altos valores de nitrato en peciolo) sin que a partir de cierto punto se consigan mayores producciones de frutos. Otra causa, y no la escasez de nitrógeno, debe ser la limitante de la producción. La segunda es que un exceso de nitrógeno en la fertilización sea incluso contraproducente (por ejemplo por el aumento producido en la salinidad del agua de riego). Esta segunda coincide con las observaciones de Cabrera et al. (1997) de la campaña anterior por lo que debería ser comprobada mediante ensayos de fertilización diferencial.

Conclusiones

Se ha puesto a punto un método para la determinación rápida de nitrato en peciolos de fresón con varillas y reflectómetro. Este procedimiento es sencillo, económico y muy rápido por



lo que puede ser utilizado por agricultores o cooperativas para controlar periódicamente la nutrición nitrogenada de las plantas de fresa.

Diferentes variedades muestran diferentes contenidos medios de N-nitrato en peciolo por lo que los niveles adecuados de este nutriente deberán ser establecidos para cada variedad. Para parcelas muy productivas, un contenido satisfactorio de nitrato en peciolos, de la variedad Camarosa, tomados entre enero y abril, sería el comprendido entre 150 y 300-350 mg kg⁻¹ de materia fresca de N-nitrato. Cantidades superiores o inferiores a las indicadas están asociadas a producciones inferiores a las máximas posibles.

Para parcelas de productividad media-baja, un contenido satisfactorio

de nitrato en peciolos de la variedad Camarosa, tomados entre enero y marzo, sería el comprendido entre 350 y 550 mg kg⁻¹ de materia fresca de N-nitrato, siendo el valor óptimo de 380. Cantidades superiores a las indicadas están asociadas a producciones precoces, totales y de primera categoría, inferiores a las máximas. Por debajo de los 150 mg kg⁻¹ tampoco son indicativos de falta de fertilización nitrogenada.

Las mayores producciones, total y precoz, se dieron en fincas que recibieron dosis pequeñas de fertilización nitrogenada en el riego, aproximadamente 0.25 kgN ha⁻¹ día⁻¹ de media durante el periodo noviembre - febrero o 0.4 kgN ha⁻¹ día⁻¹ de media durante el periodo noviembre-abril. Por el contrario, las fincas que recibieron dosis más altas, >0.40 kgN ha⁻¹ día⁻¹ de me-

El contenido de nitrato en el peciolo efectivamente responde a la disponibilidad de nitrógeno en el sustrato

dia durante el periodo noviembre-febrero o >0.5 kgN ha⁻¹ día⁻¹ de media durante el periodo noviembre-abril, tuvieron producciones más bajas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía (Proyecto Niveles de nitrato en peciolos de fresón, C-97-012). Los autores agradecen la colaboración de responsables y técnicos de los ensayos de la Consejería de Agric. y de Freshuelva.

BIBLIOGRAFIA

- Cabrera F., López R., Burgos P., Murillo J.M., Roca M., Peña J.A., Martín F. (1997). Sustratos Orgánicos en cultivos de fresón. XIV Jornadas Agrícolas y Comerciales sobre Fresón y Cítricos de El Monte. Huelva.
- Capitán M. (1997). Estudio de la evolución del nitrógeno en cultivo del fresón. Proyecto fin de carrera. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola del Cuarto. Sevilla.
- Holden N.M., Scholefield D. (1995). Paper test-strips for rapid determination of nitrate tracer. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 26, 1885-1894.
- López R., Capitán F., Cabrera F., Burgos P., Murillo J.M., Roca M., Martín F. (1997). Estudio sobre la fertilización nitrogenada del fresón mediante la determinación de nitrato en peciolo. XIV Jornadas Agrícolas y Comerciales sobre Fresón y Cítricos de El Monte. Huelva.
- Raynal Lacroix Ch., Cousin I. (1997). Petiolar sap nitrate as a guide in the fertilization of strawberry. Proc. Third Int. Strawberry Symp., Veldhoven, Holanda (ed. van der Scheer H.A.Th., Lieten F., Dijkstra J.). Acta Hort. 439, Vol 2, 753-762, ISHS.
- Scaife A., Stevens K.L. (1983). Monitoring sap nitrate in vegetable crops: Comparison of test strips with electrode methods, and effects of time of day and leaf position. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 14, 761-771.
- Schaefer N.L. (1986). Evaluation of a hand held reflectometer for rapid quantitative determination of nitrate. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 17, 937-951.
- Tabor J.A., Pennington D.A., Warrick A.W. (1984). Sampling variability of petiole nitrate in irrigated cotton. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15, 573-585.
- Wallinga I., Van Der Lee J.J., Houba V.J.G., Van Vark W. y Novozamsky I. (1995). Plant Analysis Manual. Kluwer. Dordrecht. Holland.