

[NUTRICIÓN VEGETAL]

El análisis de savia como método de diagnóstico nutricional

I. Frutos

C. Cadahía

E. Eymar

Universidad Autónoma de Madrid.
Dpto. Química Agrícola

Un diagnóstico correcto de la nutrición de la planta es imprescindible para realizar una adecuada recomendación de fertilizantes. El diagnóstico basado en el análisis de planta se realiza tradicionalmente mediante el análisis foliar. A pesar de la indudable utilidad de éste, se plantean numerosas limitaciones al emplearlo. Su lenta respuesta no nos permite realizar un diagnóstico precoz, disminuyendo así la eficacia del diagnóstico. La savia resulta ser un material mucho más sensible, cuyo análisis aporta información a tiempo real sobre lo que está ocurriendo en el sistema suelo-planta.

Se ha utilizado con éxito en numerosos cultivos ofreciendo información valiosa sobre tipos de fertilización, volúmenes de agua, concentración de nutrientes en suelo, problemas de salinidad, identificación de momentos fenológicos y requerimientos nutricionales o presencia de contaminantes. Su uso conjuntamente con el análisis de hoja y el de disolución del suelo, ofrecen un “mapa nutricional” detallado sobre el que tomar decisiones adecuadas.

[Aspectos a considerar en la fertilización

El diagnóstico nutricional de un cultivo es uno de los aspectos más importantes para conseguir una rentabilidad óptima. Ésta se basa, no sólo en la obtención de altas producciones, sino también, en el control de los parámetros de calidad propios del cultivo. Una buena metodología de diagnóstico nutricional debe dar información sobre los tres aspectos más importantes dentro de la fertilización:

1. Aporte de fertilizantes:

Estudiar los requerimientos de nutrientes del cultivo en cuestión, debe ser el primer paso para aportar el tipo y la dosis de fertilizantes adecuadas. Los análisis de suelo y agua ayudarán a optimizar las aplicaciones, dando información sobre las posibles interacciones que ocurrirán en el entorno radicular.

2. Control de la disolución del suelo:

Los fertilizantes aplicados sufren muy diversas reacciones al entrar en contacto con el suelo, pudiendo inmovilizarse, sobre-concentrarse, diluirse o lixiviarse. Estas interacciones dependen de factores tan variados como la textura del suelo, pH, conductividad eléctrica, contenido de bicarbonatos, fosfatos, cationes etc. El control de la disolución del suelo mediante sondas de succión o extractos de pasta saturada, dará información relevante sobre lo que realmente está disponible para la planta, independientemente de la aplicación de fertilizantes realizada.



Separación de hojas y tejidos conductores

3. Entrada de nutrientes en planta:

El que un nutriente esté disponible para la planta no indica que ésta lo tome, ya que la absorción radicular obedece tanto a la presencia de elementos solubles en la rizosfera, como a diversos factores metabólicos. Por ello el análisis de planta, como el de hoja, raíz, fruto, y más recientemente el de savia, son las únicas herramientas de que disponemos para comprobar la eficacia real del aporte de fertilizantes. Es decir, cuánto de lo aportado ha entrado en la planta.

¿A qué se denomina savia?

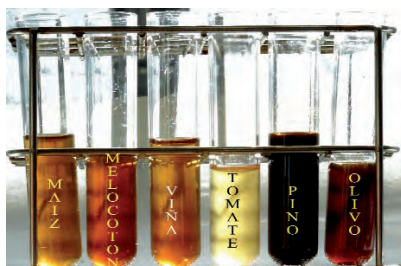
Aunque la savia se puede separar en xilema y floema, analíticamente es un proceso complicado. Por ello, hoy en día a nivel agronómico se suele denominar savia al jugo extraído de tejidos conductores (mezcla de xilema, floema y contenido vacuolar).

La toma de muestras es relativamente sencilla. Se toman los brotes de la planta (el volumen y tipo de muestra dependerá del cultivo) y se transportan en frío (con hielo) hasta el laboratorio de procesamiento, donde se troceará la muestra hasta un tamaño inferior a 0,5 cm y se sumergirá en éter dietílico. Después de un tiempo de congelación (entre 24 y 48 horas), la muestra estará lista para ser prensada.

Mientras el análisis de hoja ofrece un resumen de los procesos nutricionales ocurridos en un largo periodo de tiempo, la savia, es capaz de identificar estos cambios con una gran rapidez

En la savia se pueden medir con rigurosidad todos los macro y micronutrientes que comúnmente se analizan para interpretar el estado nutricional de una planta. Además, tam-

bién es posible obtener el contenido de moléculas orgánicas más complejas como aminoácidos, azúcares, ácidos orgánicos etc. Incluso se pueden analizar determinados contaminantes como metales pesados.



Muestra de savia de diferentes cultivos.

La gran ventaja del análisis de savia es su sensibilidad a los cambios que sufre la planta en el medio de cultivo tales como, diferencias en el volumen de riego, aporte de nutrientes, mo-

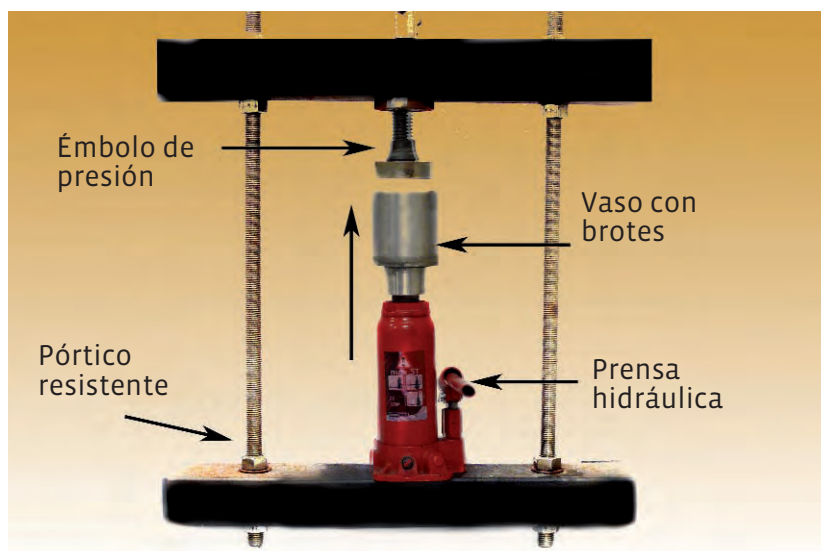
Tabla 1:
Intervalo de concentraciones de nutrientes en savia. (Cadahía, 2008. La savia como índice de fertilización. Ed Mundiprensa).

Elemento	Valores mínimos y máximos (mg/L)
N (NO_3^-)	40 – 1500
N (NH_4^+)	Traza – 600
P (H_2PO_4^-)	15 – 500
Cl^-	40 – 8000
S (SO_4^{2-})	40 – 2000
Na^+	10 – 1000
K^+	1000 – 12000
Ca^{2+}	40 – 2000
Mg^{2+}	80 – 500
N (aminoácidos)	50 – 400
Glúcidos reductores	20 – 70 (g/L)

mentos fenológicos, presencia de elementos tóxicos como Cl^- , Na^+ o metales pesados. Esta sensibilidad facilita la identificación de deficiencias o excesos nutricionales, ya que la savia es capaz de mostrar valores muy diferentes entre una nutrición por exceso, óptima o, deficiente. En la **Tabla 1** se muestran los intervalos en los niveles de nutrientes en savia encontrados en diversos estudios.

La importancia del análisis

Hasta la fecha, el análisis de savia ha sido una metodología relativamente desconocida, o por lo menos, poco utilizada a nivel agronómico. Por ello no existen tablas normalizadas de valores de nutrientes a las que referir los resultados. Recientemente se está empezando a dar importancia a éste análisis, ya que es capaz de arrojar información sobre aspectos nutricionales que, hasta el momento, eran desconocidos. Por ejemplo, mientras el análisis de hoja ofrece un resumen de los procesos nutricionales ocurridos en un largo periodo de tiempo, la savia, es capaz de identificar estos cambios con una gran rapidez. Este hecho es clave ya que frecuentemente, cuando observamos una deficiencia nutricional en hoja, ésta se ha estado produciendo largo tiempo atrás y su corrección a menudo resulta tardía. Sin embargo, la precocidad de la savia ofrece la posibilidad de corregir desequilibrios nutricionales en el momento en que se están produciendo.



Prensa de extracción de savia para cultivos leñosos



Prensas para extracción manual de savia metálicas (no aptas para posterior determinación de metales) y de teflón

[Análisis de savia vs análisis foliar]

En el análisis foliar, existe también lo que se denomina la paradoja del hierro (Fe). Es decir, que el análisis de hojas con síntomas visuales evidentes de clorosis férrica, de contenidos de Fe aparentemente normales, e incluso superiores al óptimo. Este efecto se produce porque no todo el Fe presente en la hoja está metabólicamente activo, parte de él se encuentra inmovilizado como Fe^{3+} en los nervios de la hoja. Esto hace que a menudo, el análisis de Fe foliar dé información errónea. Sin embargo, en la savia la inmovilización del Fe es muy escasa, por lo que su análisis nos da unos datos mucho más fiables.

Como ejemplo de la sensibilidad del análisis de savia, en el **Gráfico 2**

se muestran los datos obtenidos en un estudio de deficiencia de potasio (K) en el cultivo de olivo. A unos árboles se les aplicó una dosis control de K por fertirriego (la cual variaba según el momento fenológico), mientras que a otros se les aplicó la mitad de la del control.

La gran respuesta de la savia a las condiciones hídricas de la rizosfera permite, en muchos casos, orientar sobre el volumen de agua

Los análisis de hoja muestran ligeras diferencias entre los tratamientos que se empiezan a manifestar a partir del mes de agosto, haciéndose evidentes a partir del mes de septiem-

bre. Por el contrario, el análisis de savia indica diferencias casi desde el inicio del ensayo. La interpretación de los datos del análisis foliar podría conducir a error ya que no refleja con claridad el momento en que se produjo la deficiencia de K. La savia sin embargo, permitiría una corrección precoz y una mejor interpretación del problema.

Por otro lado, en esta misma gráfica, se puede observar cómo la savia ofrece más variación entre las distintas épocas del cultivo. Estas variaciones se corresponden con los momentos fenológicos, donde la planta tiene diferentes requerimientos nutricionales. Así, según observamos en el análisis de savia, en un principio (mayo), la planta acumula K hasta llegar a un máximo relativo sobre el mes de julio, coincidiendo con el empuje del engorde del fruto. De ahí en adelante se produce un efecto sumidero, donde el fruto requiere grandes cantidades de K para desarrollarse, por lo que se observa una bajada en savia. Cuando el fruto ya ha alcanzado su tamaño final (mediados de septiembre), las necesidades de nutrientes bajan, y por tanto el K que se aporta por fertilización tiende a acumularse, observándose una subida en la savia (mediados de octubre). La bajada drástica del K en savia en el mes de noviembre, se debe en este caso en concreto, a una dilución producida por las lluvias. Así pues, mediante el análisis de savia, la interpretación de los diferentes requerimientos nutricionales de la planta se

Gráfico 2:

Respuesta del análisis de hoja y de savia a la deficiencia de K en cultivo de olivo. (Cadahía y Pastor, 2006. Informe sobre la nutrición potásica en el olivar. CIFA).

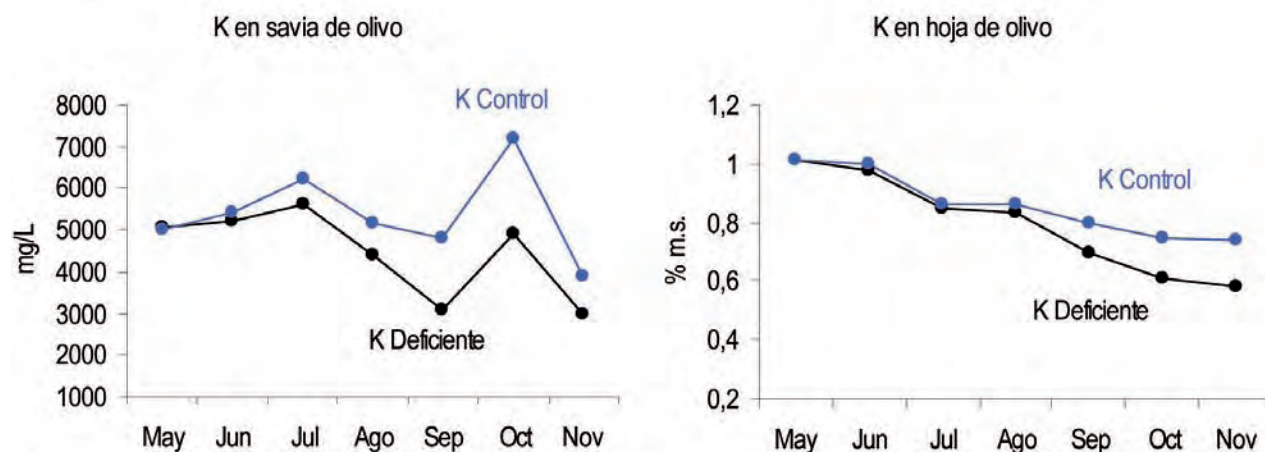


Tabla 2:

Niveles de nutrientes en savia en diferentes momentos fenológicos del cultivo de trigo cultivado en condiciones de secano (S) y regadío (R).

Elemento (mg/L)	Muestras y épocas, S: secano; R: regadío					
	Ahijado		Encañado		Espigado	
	S	R	S	R	S	R
NO ₃ ⁻	80	80	10	60	130	150
H ₂ PO ₄ ⁻	80	100	110	160	150	240
K ⁺	7.100	8.200	3.450	7.200	5.800	8.200
Cl ⁻	900	2.100	600	2.850	950	2.940



Incidencia de la deficiencia de boro en la calidad de la uva

puede realizar con claridad, pudiendo aportar la dosis de fertilizante adecuada en cada momento. Por el contrario, el análisis foliar muestra una dinámica descendente continua durante todo el ciclo de cultivo, que no informa claramente sobre los momentos en que la planta requiere más o menos K.

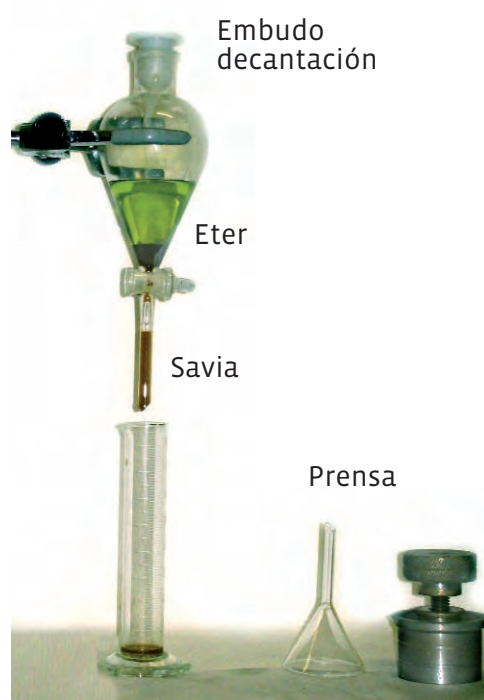
[El efecto del riego

Como decíamos al principio, es importante conocer las concentraciones de nutrientes en la disolución del suelo, ya que las plantas responderán a ésta, y no a la dosis de fertilizantes aplicada. Las notables interacciones entre el suelo, el agua y los fertilizantes hacen que existan grandes diferencias si comparamos la concentración de nutrientes en la disolución de fertirriego y en la disolución del suelo. Uno de los factores que más influyen en estas interacciones es el volumen de riego. Un ade-

cuado programa de riego no solo asegurará un nivel hídrico óptimo en la planta, sino que también influirá en la disponibilidad de nutrientes. La gran respuesta de la savia a las condiciones hídricas de la rizosfera permi-

te, en muchos casos, orientar sobre el volumen de agua adecuado. Como ejemplo de ello, en la **Tabla 2** se muestran los datos de análisis de savia de trigo cultivado en condiciones de secano (S) y regadío (R).

Se puede observar, que en casi todos los casos existen diferencias notables entre las concentraciones de nutrientes en savia de plantas cultivadas en condiciones de regadío y de secano. En este caso en concreto, el hecho de que las plantas cultivadas en condiciones de regadío muestren valores mayores de nutrientes, puede



Separación de savia y éter después del prensado

Gráfico 3:

Respuesta del análisis de savia a diferentes fertilizaciones en cultivo de fresón. (Cadahía 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, ornamentales y frutales. Ed Mundiprensa)

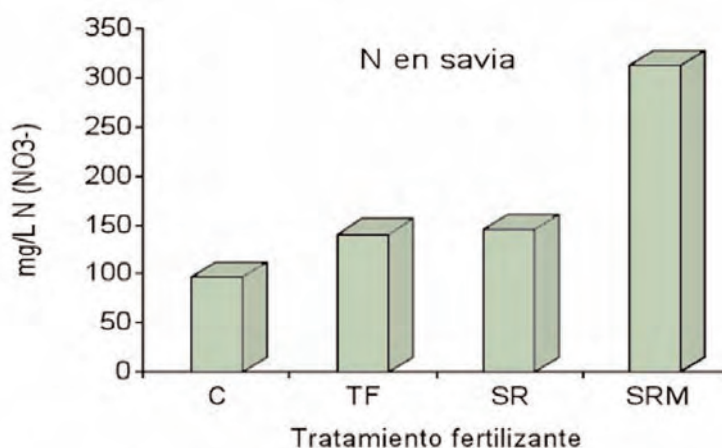
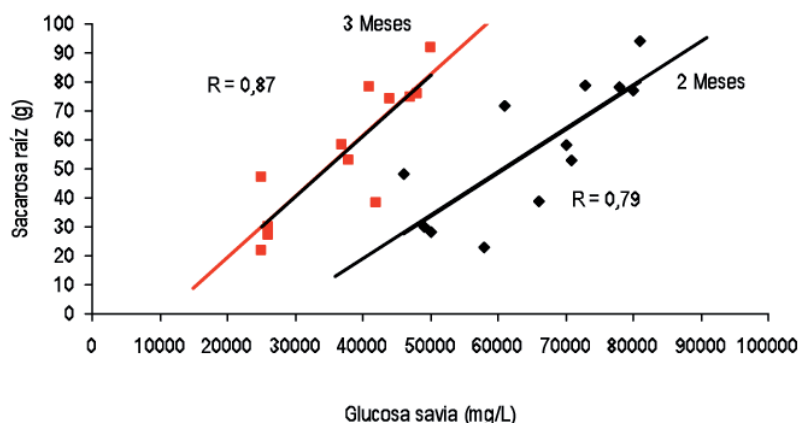


Gráfico 4:

Correlación entre glucosa en savia de remolacha y contenido de sacarosa en raíz. (Bonilla, 1977, Tesis doctoral, Control precoz del rendimiento y calidad de la remolacha azucarera. Universidad Autónoma de Madrid)



indicar que la posible limitación de la fertilidad del suelo está más relacionada con el volumen de riego y movilización de elementos, que con un aporte externo de fertilizantes.

[Los sistemas de fertilización

En los últimos 15 años, se ha producido un avance tecnológico en la agricultura que ha ofrecido diversas opciones de fertilización, desde sistemas tradicionales de abonado de fondo, pasando por fertilizantes de liberación lenta, hasta sistemas modernos de fertirrigación. El hecho de que la savia responda sensiblemente a la concentración de ele-

mento soluble en el suelo, es también, de vital importancia para comprobar la eficacia de las diferentes metodologías, y adoptar la más adecuada a cada caso. En el **Gráfico 3** se muestra la respuesta del análisis de savia a cuatro sistemas de fertilización distintos.

En este ensayo se cultivaron plantas de fresón sin fertilizar (C), con una fertilización tradicional de fondo (TF), con fertilizantes de liberación lenta localizada (SR) y con fertilizantes de liberación lenta mezclados uniformemente con el suelo (SRM)

Independientemente de cual sea el nivel óptimo de NO_3^- en savia para este cultivo, lo interesante es com-

probar como éste análisis es capaz de diferenciar entre varios sistemas de fertilización. En este ensayo se observó además, una elevada correlación entre la concentración de NO_3^- en savia y la producción final ($r = 0,98$), por lo que el análisis de savia se convirtió en una herramienta que orientaba sobre los rendimientos.

En otros casos también se han encontrado altos grados de correlación entre la concentración de algún elemento en savia y la producción final del cultivo. Por ejemplo, se sometió a unas plantas de remolacha azucarera a diversas dosis de N. Posteriormente, a los dos y tres meses de cultivo, se realizó un análisis de glucosa en savia. Los datos obtenidos mostraron un grado de correlación elevado con el contenido de sacarosa en raíz (**Gráfico 4**). Esto quiere decir que mediante un análisis de savia podemos predecir con cierta rigurosidad, las producciones que obtendremos, o determinados parámetros de calidad. En el caso de que al analizar el contenido de glucosa en savia a los tres meses, nos diera unos valores bajos, podríamos modificar la fertilización para intentar incrementarlos, sabiendo que hay una relación positiva entre ésta medida y la cantidad de azúcar al final de cultivo.

[Conclusiones

El análisis de savia es una herramienta que nos permite interpretar ciertos aspectos de la nutrición de los cultivos, que otras metodologías no consiguen dilucidar. Es importante destacar que un buen sistema de diagnóstico nutricional debe incorporar diversas técnicas, cada una de ellas nos dará información diferente que deberemos contrastar. Los análisis de agua y suelo nos dicen que dosis de fertilización debemos aplicar. Los análisis de disolución del suelo informan sobre que cantidad de lo que hemos aportado está realmente disponible para la planta. El análisis foliar se podría definir como el promedio del estado nutricional del cultivo durante un periodo de tiempo medio-largo. El análisis de savia nos proporciona información sobre los cambios que está sufriendo el cultivo en el momento de la toma de muestra. •



Ensayo de niveles de potasio en vid. Comarca Agrícola de Tomelloso