

UNIVERSIDAD DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS



TESIS DOCTORAL

**El análisis de savia como índice de fertilización para las
plantas de tomate**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Carlos Cadahía López

DIRECTORES:

Valentín Hernando Fernandez
Luis Jimeno Martín

Madrid, 2015

UNIVERSIDAD CENTRAL

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE



5322355491

T1
577.1
CAD

616224863

i 35010071

EL ANALISIS DE SAVIA COMO INDICE DE
FERTILIZACION PARA LAS PLANTAS DE
TOMATE

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE - MADRID
Facultad de Ciencias Químicas
BIBLIOTECA
Nº Registro33940.....

Memoria presentada por D. Carlos Cadahía López para
aspirar al Título de Doctor en Ciencias Químicas

Madrid, Septiembre de 1.964

Mi más sincero agradecimiento al Prof. Dr. D. José M^e Albareda Herrera, por apadrinar esta tesis doctoral, y a los Dres. D. Valentín Hernando Fernández y D. Luis Jimeno Martín su valiosa dirección así como el interés tomado en la realización del presente Estudio. A mi esposa por su inestimable ayuda y a todo el personal del Departamento de Fertilidad de Suelos del Instituto de Edafología de Madrid por su dedicación en los trabajos de laboratorio y experiencias planteadas.

I N D I C E

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION	1
Trabajos realizados sobre el análisis de savia	5
Nutrición de la planta	12
Factores de nutrición	13
Papel que desempeñan los elementos estudia - dos	16
Objeto del trabajo y fines que se pretenden.	25
Ventajas del control de la nutrición median te el análisis de savia	27
PARTE EXPERIMENTAL	31
PUESTA A PUNTO DEL METODO DE EXTRACCION. .	32
Toma de muestra en la parte más adecuada de la planta	33
Determinación del error experimental . . .	36
Hora de toma de muestra	44
Extracción	50
Presión empleada	55
Temperatura de helada	57
Elimación de la materia orgánica disuelta en la savia	60

	<u>Pág.</u>
Aplicación de las resinas cambiadoras iónicas	68
Variación del contenido mineral de la savia con el tiempo de almacenamiento	76
Resultados del apartado primero	81
ELECCIÓN DE LOS METODOS ANALITICOS	85
Método para el análisis de nitratos	88
Variación de los puntos de la curva con el tiempo de almacenamiento	93
Comparación de transmisiones con diferentes filtros	94
Influencia de los Cl^{-} en el desarrollo del color	95
Repetición de muestras para determinar el error analítico	97
Métodos empleados para el análisis del resto de los elementos considerados	99
ANALISIS TOTAL DE UNA MUESTRA DE SAVIA	102
Conclusiones	105
APLICACIONES DEL METODO	106
VARIACIONES DEL CONTENIDO MINERAL DE LA SAVIA DURANTE EL CICLO DE CULTIVO	107

	<u>Pág.</u>
Suelo de la "Poveda" (Arganda)	108
Resultados	114
Suelo de Alcalá de Henares	116
Resultados	119
Suelo de Aguilas (Murcia)	122
Resultados	127
EXPERIENCIAS DE CAMPO E INVERNADERO	130
EXPERIENCIAS DE "Abonos nitrogenados-Savia".	132
Control del estado de nutrición de las plan- tas mediante el análisis de savia	135
Velocidad de nitrificación	142
Fósforo	147
Potasio	151
Sodio y calcio	154
Cloro	159
Relaciones entre elementos	161
Relaciones óptimas de nutrición	169
Análisis de suelos	170
Rendimientos	175
Resultados	180
CORRECCIONES DE ABONADO Y SALINIDAD EN FUN - CION DEL ANALISIS DE SAVIA	184

	<u>Pág.</u>
Variaciones del contenido mineral de la savia en función de los fertilizantes añ <u>a</u> didos	185
Variaciones de la fertilización nitrogenada.	188
" " " " con fósforo.	192
" " " " potásica .	194
Respuesta al tratamiento para la corrección de la salinidad	196
Resultados	199
CONCLUSIONES FINALES	202
RESUMEN	211
BIBLIOGRAFIA	216

* * * * *

I N T R O D U C C I O N
=====

La determinación más real de los niveles de elementos nutritivos que deben contener las plantas para su óptimo desarrollo, se basa en la experimentación de campo.

Sin embargo, este método tiene algunas limitaciones, fundamentalmente por la imposibilidad de generalizar sus resultados, ya que una fórmula de abonado considerada idónea para una determinada región, varía al aplicarla a otra zona donde el terreno y el clima sean diferentes.

Para poder aplicar con seguridad una fertilización deducida mediante esta experimentación, es necesario repetirla durante años (67). Por último se necesita un control respecto al abonado, rendimientos, riegos, etc. en las parcelas correspondientes a cada tratamiento, lo que lleva consigo una excesiva laboriosidad.

Para poder eliminar en parte estas limitaciones, la investigación agrícola ha seguido otros métodos como la experimentación en invernadero, y los análisis de suelos y plantas (68).

Las consecuencias deducidas por la información compuesta de los métodos señalados nos llevan a resultados indudablemente útiles y seguros. Pero este con-

junto de experiencias y análisis sólomente pueden hacer se en Centros bien dotados y mediante un plan de investigación establecido de antemano.

Sin embargo, este método no puede servir para interpretar los innumerables problemas que se plantean respecto al abonado en distintas regiones y para los diferentes cultivos con el fin de resolverlos de una forma inmediata y rentable.

El análisis de la savia se presta a la determinación rápida de los principales elementos nutritivos en el propio campo ó en el laboratorio y de esta forma aplicar la corrección de abonado adecuada para anticiparnos a la manifestación de una deficiencia, consiguiéndose así efectos más eficaces y seguros. La rentabilidad de este procedimiento es perfectamente asequible (34) y (43).

El análisis de savia nos proporciona datos sobre la cantidad de elementos fertilizantes que la planta absorbe del suelo. De aquí que este sea, al menos en teoría, el procedimiento de análisis más real.

Lo que consideramos bajo el término "savia" es en realidad el jugo que se extrae por prensado de una parte determinada de la planta helada, según se describirá posteriormente.

Los valores absolutos que nos proporciona un análisis de saua son aplicables directamente para la corrección de un abonado. Sin embargo, los valores de un análisis de suelo tienen escasa validez si no se conocen los niveles de normalidad, deficiencia y toxicidad de los elementos asimilables en una solución extractora determinada. Ya que desde el punto de vista de la fertilidad, el contenido total de elementos en el suelo tiene muy poco valor (2), (50) y (55).

La solución extractora que existe en el suelo está constituida por agua, anhídrido carbónico, sustancias ácidas que provienen del humus ó fracción descompuesta de la materia orgánica y quizás aunque muy improbable de sustancias que segregan las raíces, con un determinado poder de ataque, sobre ciertas sales poco solubles, haciendo de esta forma más asimilables los diversos elementos (15), (50) y (55).

Por tanto puede suponerse que es prácticamente imposible obtener una solución extractora igual a la que se encuentra en el suelo (13).

El procedimiento a seguir, en cada caso, para la elección de la solución extractora que se acerque más a las condiciones reales, consiste en plantear experiencias de fertilidad "in situ" con diferentes niveles de abonado. En función de los rendimientos obtenidos y del desarrollo del cultivo a lo largo del ciclo vital, se deducen los

niveles correspondientes a toxicidad, normalidad y deficiencia de cada uno de los elementos fertilizantes en el suelo, teniendo en cuenta los valores analíticos obtenidos con la solución extractora elegida (2), (50) y (55).

De esta forma experimental se selecciona de entre los diversos extractantes propuestos el que dé valores más acordes con los resultados de la experiencia. Sin embargo este sistema nunca ha conducido a un método de gtacadamente superior a los demás ni incluso para un solo elemento.

Respecto al análisis de hojas, es decir el denominado análisis foliar, a pesar de su indudable utilidad, presenta asimismo inconvenientes que se indican en la comparación que hacemos al final de esta introducción entre el análisis de jugo o de savia, el foliar y el de suelos.

TRABAJOS REALIZADOS SOBRE EL ANALISIS DE SAVIA

=====

Varios investigadores han estudiado el método de análisis de savia en plantas siguiendo líneas de trabajo semejantes, con diferentes cultivos tales como :

patata, maíz, tomate, cacahuet, algodón, fresa, habas, lechuga, cereales y caña de azúcar.

K. P. Magnitskii (51) hace constar, para el cultivo de la patata, que cuando las condiciones de crecimiento son favorables, las sustancias nutritivas que pasan del suelo a la planta se transforman rápidamente pero, a pesar de ello, se mantiene constante un determinado nivel en la concentración de estas sustancias en forma inorgánica. Este nivel varía con relación al estado de desarrollo de la planta y por tanto, basándose en esta idea, realizó una serie de experiencias de campo con el cultivo de patata donde se puso de manifiesto la importancia del análisis de savia.

Estudió la distribución de los distintos elementos que, en forma inorgánica, existen en las diferentes partes de la planta durante la formación de los tubérculos y así dedujo la que refleja más acentuadamente la insuficiencia ó toxicidad de algún elemento para la diagnosis de su nutrición y la correlación entre los distintos elementos.

K. P. Magnitskii advierte la importancia que tiene la variación del contenido en elementos de la savia, en función de la fase de desarrollo y lo tuvo en cuenta antes de emplear el método para controlar el estado de

nutrición de las plantas de patata. Estudia la acción perjudicial del exceso de Cl y Mn y los procedimientos para eliminarlos. Asimismo comprueba la influencia que la insuficiencia de N tiene en la absorción excesiva de fósforo. Establece un contenido normal de nutrientes en savia en función de los análisis hechos en plantas bien desarrolladas para tres épocas del ciclo vital. Realiza una experiencia de diferentes formas de abonos nitrogenados. Estudia el Mg como factor de fertilidad y la influencia sobre el resto de los elementos nutritivos, de un exceso ó carencia del citado alcalino-terreo.

Delmas y Routhenko (19) realizan un estudio sobre patata y maíz, basándose en el análisis de savia y haciendo la toma de muestra en la parte de la planta por donde ascienden los elementos nutritivos hacia los órganos clorofílicos, es decir, en los peciolo y tallos principales. Analizan NO_3^- , PO_4^{3-} , K^+ , Mg^{++} y Cl^- .

Las líneas de trabajo que siguen Delmas y Routhenko pueden resumirse en tres apartados fundamentales :

- a) Investigación sobre la intensidad de absorción de las plantas en relación con el abonado y condiciones del medio.

- b) En la práctica agrícola el control sobre los efectos de los fertilizantes añadidos al suelo ó sobre las modificaciones de las prácticas de cultivo.
- e) Comparación entre los datos obtenidos por el método propuesto y la diagnosis foliar.

Delmas y Rouchenko (20) también han estudiado el estado de nutrición del maíz, con abono mineral nitrogenado en formas nítrica y amoniacal. El resultado es que empleando NH_4^+ hay acumulación de P, toxicidad de NH_4^+ y síntomas de deficiencia en la nutrición nitrogenada. Sin embargo con un abonado similar de NO_3^- no se nota anomalía en la concentración de elementos en la savia.

Según estos autores la transformación del NH_4^+ absorbido por la planta podía tener lugar en presencia de glúcidos pero las plantas jóvenes no disponen de una reserva suficiente de dichos compuestos, produciéndose por tanto una acumulación de NH_4^+ en la savia.

Emmert E. M. (22) lleva a cabo un estudio sobre el tratamiento fertilizante de los tomates siguiendo una línea de trabajo semejante a la de Delmas, pero tiene en cuenta además un asunto primordial : el período crítico de necesidad de elementos fertilizantes.

Tanto Magnitskii como Emmert no analizan el jugo propiamente dicho, sino que realizan una extracción con diferentes soluciones al mismo tiempo que trituran la muestra. Así pues la solución que se obtiene sufre alteración especialmente en cuanto se refiere a su contenido en cationes, frente a la savia en sí. Magnitskii emplea solución tampón de acetato, añadiendo carbón activo para decolorar y timol para la mejor conservación del extracto. Emmert emplea ácido acético y carbón activo.

Burkhart y Page (11) extraen los elementos nutritivos empleando agua fría.

Linberry (45) extrajo N, P, K, Mg y Ca del cacahuet, algodón y fresa con agua hirviendo y señala que hay una estrecha relación entre la fertilización y los valores obtenidos en la extracción.

Brown (10) y Brickley (9) determinan $N(NO_3^-)$ y P en extractos acuosos de hojas de remolacha y patata respectivamente.

Nicholas (59) ha empleado agua destilada para extraer metales pesados de las hojas de tomate cuando aquellos están presentes en exceso.

El mismo método de extracción de Emmert (22) lo

han seguido Hill y Johnson (35), Cook (15), Lorenz y Minges (47), Lorenz (48) y Thorne y Wallace (76).

Lunt (49) empleó una solución tampón de ácido acético - acetato sódico (pH 4,8) para la extracción de los nutrientes minerales de suelos y plantas.

El ClHN como extractor de nutrientes de plantas ha sido empleado por Jacobson (40), Thorne y Wallace (76) y Somers (74).

Emmert también empleó el ácido sulfúrico diluido para extraer el P de hojas de tomate y lechuga.

También se han extraído elementos nutritivos de las plantas con alcohol etílico, cobaltinitrito sódico, molibdato amónico, etc.

Sorensen y Thomas (75) han realizado estudios sobre producción de tomates basados en el análisis de savia.

Algunos investigadores han extraído la savia por prensado. Así Fonder (24) analizó Ca y Mg en la savia de habas y Cook (15) $N(NO_3^-)$ en cereales.

Fudge (26) y Smith (71) estudiaron el contenido de B en savia.

Delmas y Routhenko extraen el jugo por prensado y dilución con agua destilada.

Las condiciones de extracción que nos parecieron más reales son las que corresponden al método de Delmas. De aquí que adoptáramos dicho método para nuestro trabajo pero introduciendo algunas modificaciones que se señalan en la parte experimental.

Las diferencias entre el método elegido y los de Magnitskii, Emmert, etc, son comparables a las que existen entre los elementos del suelo solubles en una solución extractora determinada y los elementos presentes en la solución del suelo.

Ahora bien son estos últimos los que interesa determinar para conocer el estado de nutrición de las plantas y esto se consigue de la forma más real posible con el análisis de savia. Pues en el análisis de suelos, desde el punto de vista de su fertilidad, se extrae la fracción soluble en una solución extractora adecuada que indudablemente es muy diferente en composición de la solución presente en el suelo.

Cuando el análisis de savia nos indica un exceso de un elemento se puede deducir que este exceso es producido por un desequilibrio que da origen a lo que se denomina "consumo de lujo", por no existir correspondencia entre los elementos absorbidos por la planta y los que transforma en su metabolismo.

Si se produce una deficiencia en un elemento, este es el llamado "factor limitante del desarrollo", y puede estar causada por insuficiente absorción ó por una intensa actividad fotosintética por condiciones meteorológicas muy favorables.

Después de las observaciones preliminares respecto a los diversos procedimientos que se emplean para controlar el estado de nutrición de un cultivo y una vez expuestos los trabajos realizados hasta ahora sobre el análisis de savia y sus aplicaciones, consideramos oportuno revisar los diferentes factores que influyen en la nutrición de la planta, ya que es el fin primordial del presente trabajo.

NUTRICION DE LA PLANTA (6), (17), (21)
=====

Como es sabido, la planta toma sus alimentos del aire y del suelo.

Del aire toma oxígeno en la respiración y anhídrido carbónico en la función clorofílica, fijado por una sustancia denominada clorofila que se encuentra en las hojas. El nitrógeno se fija en el suelo por microorganismos que viven en simbiosis y que, por ejemplo, en el caso de las leguminosas se encuentran en

los nódulos de las plantas. En otros casos dichos microorganismos nitrifican el N que se encuentra en el suelo para que sea absorbido por la planta.

Las raíces extraen del suelo una solución de elementos en forma iónica.

FACTORES DE NUTRICION :

Para poder interpretar los resultados experimentales, en la nutrición mineral, hay que tener en cuenta los siguientes apartados :

1º) - Particularidades de los cultivos

Cada planta requiere diferentes cantidades de elementos. Por ejemplo, las leguminosas no necesitan fertilizantes nitrogenados más que en una pequeña cantidad, pues los microorganismos que se encuentran en los nódulos fijan el nitrógeno del aire y lo hacen asimilable. El tomate de exportación requiere una cantidad determinada de salinidad en el agua de riego para adquirir las calidades adecuadas, etc.

2º) - Factores climáticos como temperatura y luz (25) y (27)

La fotosíntesis determina la variación del contenido

de elementos minerales en la "savia bruta". La solución de iones que constituye dicha savia y que procede del suelo, asciende desde las raíces a las hojas por los tallos y peciolo. Durante el día estos elementos, al llegar a las hojas con el anhídrido carbónico y el agua de la atmósfera, originan compuestos orgánicos en el proceso denominado función clorofílica. Este proceso se realiza bajo la acción de la energía solar captada por la clorofila, es decir que tiene lugar la denominada fotosíntesis. La savia elaborada que se origina de esta forma pasa a los órganos de utilización y de reserva.

Sin embargo, durante la noche se acumulan los elementos de forma inorgánica pues no hay fotosíntesis. Estas ideas teóricas ya comprobadas se exponen en nuestro caso con resultados concretos en la parte experimental.

3)- Variaciones durante el ciclo de cultivo (7).

El fin principal de una experiencia de fertilidad es determinar el nivel óptimo de abonado que es necesario para conseguir el máximo rendimiento y llegar así al denominado "nivel crítico" de fertilización. Sin embargo, las adiciones de fertilizantes se llevan a

cabo durante las diferentes etapas del ciclo vegetativo y por tanto es necesario determinar dicho "nivel crítico" en cada una de estas etapas, ya que en cada estado de desarrollo la planta necesita diferentes cantidades de fertilizantes.

Comprobamos este fenómeno en el presente estudio, según se describe posteriormente.

Se consideró ante todo la determinación de los "momentos de máxima absorción" en los que se deben procurar a la planta también los valores idóneos de fertilizantes.

Sin embargo, el apartado más importante de un estudio del desarrollo de la planta durante el ciclo vegetativo, es el que nos determina las "relaciones óptimas de nutrición" entre elementos durante las diferentes etapas del ciclo, pues esto tiene más importancia que conocer los valores absolutos de elementos.

42) - Características físicas y químicas

La textura de un suelo, es decir, los porcentajes de arena, limo y arcilla, el tipo de suelo y la capacidad de retención de agua y aireación, son características físicas que influyen en el rendimiento de un cultivo.

Por otra parte, el agua es un factor más de la fertilidad de un suelo y es necesario considerar un equilibrio óptimo no sólo entre elementos sino entre agua y elementos. La cantidad de agua que necesita un cultivo depende de la evapotranspiración que varía en las diferentes estaciones del año (44) y (79).

La composición química del suelo es asimismo fundamental por lo que se determinan los denominados macroelementos y oligoelementos que influyen en la nutrición de la planta.

PAPEL QUE DESEMPEÑAN LOS ELEMENTOS ESTUDIADOS EN LA NUTRICION DE LA PLANTA (30), (73), (39), (70), (37), (36), (57) y (12).

Los elementos minerales que absorbe la planta por sus raíces, o bien por sus hojas mediante un rociado con solución nutritiva, se dividen en macroelementos que son N, P, K, Ca, Mg y S y algunas veces Cl y Na como en el caso especial de los tomates de invierno por la cantidad de Cl y Na que absorben debido a las circunstancias especiales de su cultivo, ya que en la mayoría de los casos el suelo es salino y casi siempre lo es el agua de riego. De todas maneras estas altas

concentraciones en Na (al menos superiores a lo normal) contribuyen a proporcionarle las características de consistencia que permiten a estos frutos las condiciones precisas para poder retrasar bastante su consumo después de recogidos y efectuar viajes largos.

Otros nutrientes son los oligoelementos que comprenden Fe, Mn, Al, B, Cu, Zn y Mo.

Los macroelementos los absorbe la planta en cantidades relativamente elevadas y los oligoelementos en proporciones muy pequeñas por lo que también se denominan "elementos traza". En nuestro caso consideraremos exclusivamente el N, P, K, Ca, Na y Cl que parecen ser los más interesantes desde el punto de vista del análisis de savia.

Nitrógeno :

Es el elemento más importante para la nutrición de la planta. Tanto el nitrógeno de la atmósfera como el que contiene la materia orgánica o el que se encuentra en forma mineral, pasa a las formas NH_4^+ y NO_3^- solubles en agua, mediante procesos de amonificación y nitrificación en el llamado ciclo del nitrógeno. De esta manera los absorbe la planta predominando el NO_3^- sobre el NH_4^+ en el contenido

mineral de la savia absorbida.

Así el nitrógeno ejerce un papel fundamental en el desarrollo de la planta formando parte de la clorofila que es la sustancia que fija el CO_2 del aire. Además, todos los fenómenos de síntesis tienen lugar en las partes verdes de la hoja, es decir, donde se encuentra la clorofila; de aquí que el nitrógeno sea el elemento fundamental que determina el rendimiento y puede considerársele como la base de la fertilización.

Sin embargo, conviene evitar una dosis muy elevada de nitrógeno en la fertilización, ya que una planta con exceso de nitrógeno se hace más "tierna" y las plagas afectan a la misma de una forma más intensa.

El nitrógeno se encuentra en el protoplasma de las células formando parte de sustancias orgánicas nitrogenadas llamadas proteínas, albuminoides y clorofila.

Fósforo :

El P_2O_5 denominado en el "argot" agrícola "ácido fosfórico" lo absorbe la planta en forma de fosfatos solubles como por ejemplo $(\text{PO}_4 \text{H}_2)_2 \text{Ca}$ u otros que se denominan "asimilables" por los pelos

capilares de las raíces, facilitado por el CO_2 expelido de las mismas por el proceso respiratorio y fundamentalmente quizás por un proceso de transformación de sustancias lábiles de la planta que actúan de vehículos transportadores a través de las membranas celulares pues pueden pasar fácilmente mientras no les es posible a los iones aislados. La solubilización de los fosfatos en la solución del suelo viene facilitada por el CO_2 de la respiración de las raíces y los ácidos húmicos y fúlvicos de la materia orgánica que pasan a la solución del suelo.

El fósforo en la planta forma parte de sustancias orgánicas como lecitinas, fitinas y núcleo-proteidos. El núcleo de las células, elemento activo de la vida celular, está compuesto de sustancias ricas en fósforo y nitrógeno

El ácido fosfórico abunda en los órganos jóvenes de las plantas y en las semillas

Una deficiencia de este elemento produce lignificación de las membranas y unas características manchas moradas en las hojas.

Como puede observarse en la parte experimental, los contenidos máximos de fósforo y nitrógeno coinciden prácticamente en los mismos períodos del ciclo vegetativo y durante todo él presentan variaciones

semejantes. Esto es lógico ya que ambos son "elementos de constitución" pues pasan en la planta a formar parte de los complejos orgánicos que producen los tejidos de las plantas como constituyentes de los mismos.

El P_2O_5 favorece el desarrollo radicular al comienzo de la vegetación.

La función del fósforo en el suelo depende de la forma en que se encuentre este elemento. Las formas del fósforo en el suelo según V. Hernando (12) son las siguientes :

- Fósforo inerte que se encuentra en el interior de las partículas del suelo o como especie mineralógica muy estable o bien en formas no claramente definidas, pero también estables.
- Fósforo absorbido en la superficie de las partículas del suelo.
- Fósforo de cambio en equilibrio con la solución micelar.
- Fósforo orgánico
- Fósforo precipitado en la solución libre
- Fósforo que pasa fácilmente a la solución
- Fósforo disuelto en la solución del suelo.

De lo anterior puede deducirse que la nutrición fosfórica de la planta dependerá de la forma en que se encuentre el elemento en cuestión en el suelo, pues solamente el denominado "fósforo disuelto" y el "fósforo que pasa fácilmente a la solución" pueden ser asimilados por la planta de una forma más o menos inmediata.

En un abonado fosfatado se consideran dos clases de fósforo :

- el soluble en agua, es decir, $(\text{PO}_4 \text{H}_2)_2 \text{Ca}$, que es inmediatamente utilizado por la planta y
- el soluble en citrato amónico que corresponde al $(\text{PO}_4 \text{H})_2 \text{Ca}_2$ que es la fracción asimilable en un plazo determinado por pasar dicho compuesto después de un cierto tiempo a la forma soluble en agua.

Potasio :

Es el catión que se encuentra en mayor concentración en la savia de cultivos como : tomate, lechuga patata, maíz, trigo, etc.

Aunque el metabolismo del potasio no está muy claro todavía, se sabe que influye en la resistencia de las plantas a las heladas y a las enfermedades criptogámicas; da dureza al fruto del tomate y aumenta en general la acidez de éste. Disminuye la transpiración

de la planta por lo que permite una economía de agua. Existe una cierta relación entre la utilización de la energía luminosa por la planta y el contenido de potasio en la misma.

La planta absorbe menos potasio en las regiones de luminosidad intensa y es más eficaz la influencia de este elemento en los años de insolación pobre; interviene como catalizador en la síntesis de los hidratos de carbono y en la actividad de la diastasa; además neutraliza los ácidos orgánicos (69).

El potasio, como el fósforo, puede existir en el suelo en varias formas y de éstas dependerá el papel que desempeña en la nutrición de la planta. Si el potasio está en la roca madre en forma de silicato no es asimilable por la planta más que a largo plazo y en pequeñas dosis. Si está en la solución del suelo en forma iónica, entonces sí lo utiliza la planta que lo absorbe como K^+ . También puede estar adsorbido en la superficie del complejo arcillo-húmico y entonces es intercambiable con la solución del suelo e incluso con las raíces directamente según Jenny (41) originándose de esta manera un equilibrio entre el potasio adsorbido y el de la solución. Pero si el ión potasio es adsorbido en el interior de las micelas del complejo no puede ser utilizado por la planta. Este caso

se dá cuando se origina el llamado estado de retrogradación que consiste en el paso del potasio desde la superficie de la micela hasta el interior. Los síntomas visuales de deficiencia en potasio son : ápice y extremos de las hojas amarillentos o secos.

Calcio

Este elemento influye sobre la síntesis de las proteínas y su deficiencia provoca la disminución del protoplasma y la destrucción de los tejidos meristemáticos.

La característica más importante del calcio reside en su antagonismo con elementos monovalentes como sodio y potasio. Este fenómeno sirve de base para recomendaciones como, por ejemplo, las destinadas a disminuir la salinidad.

El calcio puede hallarse en el suelo en forma de "calcio de cambio" ó como CO_3Ca insoluble que se va haciendo progresivamente soluble con el CO_2 y H_2O pasando a $(\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}$.

La fracción denominada "calcio activo" es un dato muy empleado sobre todo para el cultivo de la vid; corresponde al calcio del suelo que precipita con una solución 0,1 N de oxalato amónico.

Este elemento no plantea normalmente en los suelos

españoles una deficiencia manifiesta si bien en algunas regiones se emplea el encalado para la corrección de acidez que en suma es una forma indirecta de manifestarse la falta de calcio, aunque hoy día se sabe con el empleo de los molibdatos que el calcio no es verdaderamente deficiente en la mayoría de los casos en que por acidez del suelo se recomienda encalar.

Sodio y cloruro

En las experiencias que, para llevar a cabo el presente estudio sobre el cultivo de tomate, se han hecho en la región levantina, hemos apreciado una notable influencia de estos elementos en la nutrición de la planta, ya que parece ser, según se expone en la parte experimental, que tienen una acción negativa, cuando se dá una alta concentración de los mismos, sobre la absorción de P, K y sobre todo de N.

En su mayor parte su absorción se debe a un agua de riego salina que, por causa de un mal drenaje del suelo, va acumulando sal en él. Los síntomas de salinidad excesiva en la planta corresponden a una toxicidad de Na y Cl pero es necesario, sin embargo, para obtener una buena calidad de tomate, un contenido adecuado de sodio y según K.P. Magnitskii (51) el Cl^- no se considera tóxico hasta 5000 mg. por Kg. de muestra fresca.

Parece ser que el Ca desplaza al K, Na y a los Cl- correspondientes en la absorción de elementos por la planta, por lo que aprovechando esta interacción se elimina el exceso de salinidad del suelo. K.P. Magnitskii realizó experiencias con las que demostró que el Mg tiene un comportamiento semejante en la eliminación de la salinidad.

Según exponemos al final del presente trabajo en el apartado "Respuesta al tratamiento para la corrección de salinidad" el sulfato de hierro también es efectivo para este fin, por formar aglomerados en el suelo que facilitan el drenaje y por tanto el lavado del exceso de sal, aunque por lo tanto su acción es indirecta.

Los oligoelementos serán considerados en un trabajo posterior.

OBJETO DEL TRABAJO Y FINES QUE SE PRETENDEN

=====

El objeto del trabajo que presentamos es la interpretación del estado de nutrición de las plantas de tomate mediante el análisis de savia, con el fin de poder determinar la fertilización más idónea en cada caso y conocer el estado de nutrición. El tema es muy amplio y por tanto en un solo trabajo no se

pueden resolver los innumerables problemas que se plantean. De aquí que, los fines que se pretenden sean ante todo la puesta a punto del método analítico y a continuación, mediante una serie de experiencias preliminares, establecer unas líneas de investigación que serán objeto de un estudio más detallado en ensayos posteriores. Esto lleva consigo la realización práctica de los siguientes apartados :

12) Puesta a punto del método de extracción de la savia :

- a) Toma de muestra en la parte de la planta más adecuada.
- b) Determinación del error total experimental.
- c) Determinación de la hora de toma de muestra más adecuada en función del proceso de la fotosíntesis.
- d) Extracción de la savia (presión adecuada, temperatura de helada y eliminación de la materia orgánica disuelta con resinas cambiadoras)
- e) Variaciones en el contenido mineral de la savia en función del tiempo de almacenamiento, si no se emplean resinas cambiadoras.

- 2º) Elección de los métodos analíticos.
- 3º) Análisis total de una muestra de savia de tomates.
- 4º) Estudio de las variaciones del contenido mineral en la savia, durante el ciclo de cultivo de la planta de tomate, señalando los momentos de máxima absorción.
- 5º) Experiencia de invernadero para la aplicación del método a la resolución de problemas de fertilidad.
- 6º) Correcciones de abonado y de salinidad en el campo en función del análisis de savia.

VENTAJAS DEL CONTROL DE LA NUTRICION MEDIANTE EL ANA-
 =====

LISIS DE SAVIA (19), (18), (62), (80)
 =====

El análisis de savia presenta, al menos en teoría, grandes ventajas sobre el foliar y de suelo por las siguientes razones :

- a) La diferencia fundamental es que en el análisis de savia se determina exclusivamente la concentración de los iones libres en la misma y por tanto en la forma en que se absorben del suelo. En el foliar en cambio esto viene enmascarado con los elementos que ya son parte constituyente de la hoja, puesto

que el análisis entonces es casi total. Es algo si2 milar aunque no hay tanta diferencia como entre un análisis total del suelo y el de los elementos asimilables, es decir, los que son solubles en el agua carbónica ligeramente acidulada que se encuentra en el suelo. En realidad los valores que normalmente se consideran asimilables son los obtenidos mediante una solución extractora convencional y ya es sabido que este último tipo de análisis es útil para conocer las deficiencias del suelo y el total no.

- b) Mediante el análisis de savia podemos apreciar las variaciones que se dan en los nutrientes activos solubles, recientemente absorbidos por la planta del suelo y anticiparnos a la manifestación externa de una deficiencia, aplicando a tiempo una corrección racional de abonado, excepto en algún caso concreto como, por ejemplo, una deficiencia de hierro.
- c) Requiere menos tiempo y menos aparatos. La extracción de la savia de 40 muestras, se hace en 4 horas aproximadamente y los ataques con mezcla ácida oxidante de las hojas requieren una jornada de trabajo para el mismo número de muestras.
- d) Una detención brusca en el crecimiento de la planta no se puede explicar inmediatamente por un análisis foliar, ya que pasa cierto tiempo hasta que se mani

fiestan las deficiencias, pero si podemos hacer lo mediante un análisis de jugo.

- e) El análisis del suelo nos da idea de las posibilidades estáticas sin tener en cuenta las condiciones climáticas externas que influyen notablemente en la absorción de los elementos nutritivos por las plantas.
- f) El diagnóstico foliar nos proporciona datos sobre el resultado de la absorción de elementos por la planta, pero no sobre el dinamismo de dicha absorción durante todo el ciclo de cultivo, ni sobre el momento de máxima absorción, que por otra parte hay que considerarlo de gran importancia con el fin de conseguir que la planta tenga reservas nutritivas en el momento en que en mayor cantidad las requiera. La prueba más palpable de esto es que en el análisis de savia es necesario precisar la hora aproximada de la toma de muestras para que los resultados sean comparables e incluso viene algo afectado directamente por la lluvia, riego, variación en insolación, etc. y sobre todo del día a la noche, cosa que no puede apreciarse en el análisis foliar.

Para un estudio cuyo fin inmediato es la corrección de abonado durante el ciclo de un cultivo, con-

sideramos de utilidad analizar el jugo extraído por prensado. No obstante en trabajos posteriores intentaremos separar la savia propiamente dicha, es decir, la solución que asciende por el xilema desde las raíces de la planta que es donde en realidad se encuentran los elementos según se absorben por las raíces de la solución del suelo.

Esto último, desde luego, es más factible en otros cultivos (los leñosos) y a ellos está siendo aplicado en primer lugar.

P A R T E E X P E R I M E N T A L
=====

12) - PUESTA A PUNTO DEL METODO
=====

DE

EXTRACCION DE LA SAVIA
=====

- a) Toma de muestra en la parte más adecuada de la
=====
planta
=====

Para elegir la parte de la planta que había de ser considerada como muestra, tuvimos en cuenta dos apartados fundamentales. En primer lugar que no debía estar muy influenciada por el proceso metabólico y en segundo lugar que nos diese una idea exacta de la subida de nutrientes desde la raíz hasta la "punta de crecimiento" de la planta, en relación a la fertilización aplicada.

El tallo y los peciolo de las tomateras cumplen más o menos exactamente estas condiciones según se demostrará posteriormente.

Experimentalmente se ha comprobado que, para que los resultados analíticos sean comparativos, tanto entre plantas sanas y enfermas como entre las pertenecientes a distintos estados vegetativos, es necesario que las muestras tomadas en plantas diferentes pertenezcan a hojas del mismo estado de desarrollo y de la misma edad por lo tanto, pues existen algunas diferencias en el contenido mineral de las diversas partes de la planta.

En el cuadro 1 se observan las diferencias que existen en las concentraciones de elementos en la savia

según la parte de la planta analizada.

CUADRO nº 1

Diferencias en la concentración de la savia
en varias partes de la planta

Concentraciones expresadas en mg/l.

Muestra	N(NO ₃ ⁻)	P ₂ O ₅	K	Na	Ca	Cl
Peciolos de las hojas más jóvenes	1500	164	6970	160	496	2900
Peciolos de ho- jas jóvenes com- pletamente de- sarrolladas	1730	73	6160	217	789	3030
Peciolos de ho- jas viejas	1770	36	4580	280	1344	4800
Parte alta del tallo	1146	84	7100	140	228	2880
Parte baja del tallo	1600	56	5510	176	308	2640
Raíces	1110	208	5640	280	230	2000

El empleo como muestra del tallo, raíz y hojas más jóvenes, lleva consigo la destrucción de la planta. De aquí que este procedimiento sea inaceptable sobre todo en experiencias de invernadero.

Hemos observado que el error máximo de toma de muestra más el analítico para las hojas viejas, no es superior al de las hojas jóvenes completamente desarrolladas, por lo que aquellas podrían ser tomadas como muestra.

Sin embargo los peciolos de las hojas viejas presentan el inconveniente de no poder tomar hojas de la misma edad, en diferentes plantas, sin cometer un considerable error, pues desde las jóvenes completamente desarrolladas hasta las más viejas de la parte baja de la planta son del mismo tamaño aproximadamente.

Por tanto seleccionamos como partes destinadas a muestras los peciolos de las hojas jóvenes. Ahora bien, con el fin de tomar siempre las correspondientes al mismo estado de desarrollo, se eligieron las que estuvieran completamente desarrolladas que son las menos influenciadas por el proceso metabólico y pueden tomarse prácticamente con el mismo tamaño en diferentes plantas. Como puede observarse en los valores de las experiencias llevadas a cabo en este trabajo, la muestra considerada refleja perfectamente el abonado añadido

en cada tratamiento.

Además para precisar un poco más sus características se seleccionan hojas que estén unidas a un botón floral, flor o fruto, según el estado de desarrollo del cultivo.

En términos generales podemos decir que para el estudio de un cultivo deben hacerse al menos las siguientes tomas de muestra durante todo el ciclo de cultivo :

- 1º) - Cuando las hojas de la base han alcanzado su máximo desarrollo
- 2º) - Durante la formación de los botones florales
- 3º) - En plena fleración
- 4º) - En la formación del fruto
- 5º) - Durante la maduración.

b) Determinación del error total experimental

Con el fin de conocer si son significativas las diferencias obtenidas entre los contenidos minerales de plantas correspondientes a diversos tratamientos ó diferentes estados de nutrición, es necesario determinar el error total experimental.

Dicho error corresponde a la integración de los de toma de muestra, extracción y determinación analítica.

Para hallarle, se planteó una experiencia con tiestos en invernadero, constituida por cinco repeticiones del mismo tratamiento.

Por lo tanto, disponíamos de plantas con el mismo suelo e igual abonado y en el mismo estado de desarrollo en todo momento. Es decir, el análisis de savia nos tenía que proporcionar en los cinco casos el mismo contenido mineral.

Las diferencias observadas, como consecuencia del planteamiento de la experiencia se debieron al error experimental, es decir, a la suma de los tres errores antes mencionados.

Con el fin de disponer de un número considerable de datos, se tomaron las cinco muestras en tres épocas del ciclo vital de la tomatera : máximo desarrollo de las hojas de la base de la planta, formación de los botones florales y comienzo de la floración

Se calcularon en los tres casos las constantes estadísticas : desviación típica y coeficiente de variación, dándose como error total experimental la media aritmética de los tres coeficientes hallados.

En los cuadros 2 al 7 se exponen los resultados.

CUADRO nº 2ERROR EXPERIMENTALAnálisis de nitrógeno

Serie de muestras	mg N/l savia	Desviación típica	Coefficiente de variación
1ª	1690	62,8	3,6
	1690		
	1720		
	1840		
	1710		
2ª	2070	92,5	4,6
	1900		
	2150		
	2000		
	2050		
3ª	1960	84,0	4,3
	1830		
	1970		
	2030		

Coefficiente de variación media 4,2 %

CUADRO nº 3ERROR EXPERIMENTALAnálisis de fósforo

Serie de muestras	mg P ₂ O ₅ /l	Desviación típica	Coefficiente de variación
1ª	76 76 64 64 72	6,1	8,6
2ª	32 36 44 44 32	6,1	15,9
3ª	80 96 72 72	11,4	14,2

Coefficiente de variación media 12,9 %

CUADRO nº 4ERROR EXPERIMENTALAnálisis de potasio

Serie de muestras	mg K/l	Desviación típica	Coefficiente de variación
1ª	6110	785	12,9
	7100		
	6570		
	5310		
	5310		
2ª	5180	453	8,0
	5310		
	6300		
	5710		
	5900		
3ª	6770	377	5,7
	6308		
	6970		
	6170		

Coefficiente de variación media 8,8 %

CUADRO nº 5ERROR EXPERIMENTALAnálisis de sodio

Serie de muestras	mg Na/l	Desviación típica	Coefficiente de variación
1ª	270 200 220 260 220	39,5	12,6
2ª	280 220 210 280 260	31,5	12,6
3ª	180 140 180 160	33	20,0

Coefficiente de variación media 15 %

CUADRO nº 6ERROR EXPERIMENTALAnálisis de cloruros

Serie de muestras	mg Cl/l	Desviación típica	Coefficiente de variación
1ª	3040 2720 3600 3600 3040	775	24,2
2ª	3040 3000 3700 3200 3040	295	9,1
3ª	4120 3760 3480 3000	718	20,0

Coefficiente de desviación media 17,8 %

CUADRO nº 7ERROR EXPERIMENTALAnálisis de calcio

Serie de muestras	mg Ca/l	Desviación típica	Coefficiente de variación
1ª	670	159	20
	620		
	880		
	912		
	1000		
2ª	1120	153	18
	720		
	950		
	900		
	1050		
3ª	610	38	6
	670		
	700		
	670		

Coefficiente de variación media 13,6 ‰

El N (NO_3^-) parece ser el elemento que puede determinarse con menor error experimental y por tanto para el que pueden interpretarse diferencias más pequeñas.

El resto de los elementos nos proporciona coeficientes de variación superiores. No obstante, las diferencias observadas son muy inferiores a las obtenidas en la mayor parte de los casos entre plantas normalmente nutridas y otras deficientes o tóxicas (con un contenido de sodio alto, es decir, con elevada salinidad).

Por consiguiente el presente método de análisis de savia puede aplicarse para la interpretación del estado de nutrición de las plantas de tomate.

- o) Hora de toma de muestra más adecuada en función del
 =====
 proceso de la fotosíntesis (1), (63), (25), (27),
 =====
 y (65).

Se estudió la influencia del proceso fotosintético en la composición de la savia en los 6 elementos considerados.

Para llevar a cabo dicho estudio se plantearon dos experiencias con plantas de tomates, una con

tiestos en invernadero y otra en un campo experimental próximo al laboratorio. La primera constaba de 12 tiestos a los que se trató con una fertilización común, procurando mantenerles durante el cultivo en las mismas condiciones de humedad, temperatura y luz.

Asimismo en el campo experimental se mantuvieron todas las plantas en las mismas condiciones anteriormente señaladas.

Tanto en un caso como en otro se tomaron muestras de plantas en el mismo estado de desarrollo, es decir, de la misma altura. De esta forma se eliminaron las diferencias debidas a las distintas épocas del ciclo de cultivo, que se expondrán en el apartado 4º del presente estudio.

Las referencias de las dos experiencias fueron "Tiestos Invernadero" y "Huerto Invernadero".

El estudio de la influencia del proceso fotosintético en la savia se hizo adaptándonos sólo y exclusivamente al caso concreto que nos ocupa, es decir, para determinar el intervalo de tiempo en el que se dan menores variaciones en la concentración mineral de dicha materia y sin pretender adentrarnos

a fondo en el estudio de dicho tema.

En los cuadros n^{os} 8 y 9 se presentan los análisis de savia realizados de 8 de la mañana a 10 de la noche. Cada determinación corresponde a una media de dos análisis hechos en dos días diferentes.

CUADRO n^o 8

Influencia del proceso fotosintético en el contenido mineral de la savia

"Huerto Invernadero".- Valores medios de dos determinaciones.

Hora de toma de muestra	Concentraciones expresadas en mg/l					
	N(NO ₃)	P ₂ O ₅	K	Na	Ca	Cl
8h 0m	1.850	550	6.100	72	600	920
9h 15m	1.800	550	6.560	74	430	920
11h 0m	1.700	490	6.500	67	380	1.170
12h 30m	1.680	534	6.820	79	300	1.100
14h 15m	1.800	584	6.740	62	320	1.140
16h 15m	1.750	580	7.100	79	350	1.100
17h 30m	1.800	530	6.900	65	320	1.140
18h 15m	1.730	520	6.900	67	406	1.060
20h 0m	1.900	570	6.550	70	650	1.050
22h 0m	1.900	520	7.100	84	690	1.250

CUADRO nº 9Influencia del proceso fotosintético en el
contenido mineral de la savia

"Tiestos Invernadero".- Valores medios de dos
determinaciones

: Hora de : toma de : muestra:	: Concentraciones expresadas en mg/l :					
	: N(NO ₃) ₃ :	: P ₂ O ₅ :	: K :	: Na :	: Ca :	: Cl :
: 8h 0m :	: 2.130 :	: 76 :	: 5.450 :	: 975 :	: 690 :	: 2760 :
: 9h 15m :	: 2.110 :	: 95 :	: 6.500 :	: 1.100 :	: 530 :	: 2900 :
: 11h 0m :	: 2.130 :	: 100 :	: 6.500 :	: 1.075 :	: 500 :	: 2.600 :
: 12h 30m :	: 1.950 :	: 90 :	: 6.000 :	: 900 :	: 470 :	: 2900 :
: 14h 15m :	: 2.250 :	: - :	: 5.400 :	: 1.140 :	: 600 :	: 2500 :
: 16h 15m :	: 2.300 :	: 90 :	: 6.000 :	: 1.100 :	: 620 :	: 2900 :
: 17h 30m :	: 2.200 :	: 76 :	: - :	: - :	: 720 :	: - :
: 20h 0m :	: 2.150 :	: 76 :	: 5.400 :	: 1.100 :	: 660 :	: 2800 :

x Las muestras correspondientes a las 18h15m y 22h0m no pudieron tomarse por falta de muestra ya que se trataba de una experiencia de 12 tiestos y sóloamente tres peciolos se consideraron como muestras adecuadas según las normas dadas en el presente apartado.

Interpretación de los resultados

De 8 de la mañana a 8 de la noche pueden apreciarse unas diferencias que, prácticamente en todos los casos excepto para el Ca, no son superiores a los errores experimentales calculados en el presente apartado.

Tanto en la experiencia con tiestos como en la correspondiente al huerto considerado se manifiestan dos tendencias claras para el Ca : primero un descenso al aumentar la insolación, es decir, al aumentar la actividad fotosintética y segundo un aumento al disminuir ésta.

Las horas en las que se originan estas dos tendencias no coinciden exactamente para los dos casos considerados, ya que el campo experimental estuvo sometido a menos horas de insolación (de 11 h a 14h 30m) por causa de su situación. Sin embargo, los tiestos recibieron sol desde la segunda toma de muestra hasta la penúltima, es decir, desde las 9h15m hasta las 17h30m.

Para K, Na y Cl se manifiesta una subida

a las 10 de la noche según se observa en el cuadro nº 8.

Por tanto y siendo el Ca el único elemento que varía apreciablemente durante el día, será este elemento el que determine la hora de toma de muestra más conveniente.

Para los tiestos se puede fijar un intervalo máximo para dicha toma entre las 9h15m y 12h30m y para el huerto entre las 11 h y 17h30m. Por lo tanto el espacio de tiempo idóneo para efectuar la toma de muestra corresponderá al comprendido entre las 11h 0m y 12h30m, ya que no se manifiestan variaciones apreciables tanto a escala de invernadero como para el caso del campo experimental.

d) Extracción

El análisis de savia nos proporciona datos sobre la concentración y no sobre la cantidad total de elementos. De aquí que para obtener resultados comparables sea necesario que todas las plantas de un mismo cultivo tengan aproximadamente la misma humedad, pues en caso contrario compararíamos concentraciones de soluciones con diferente dilución. Ni un riego reciente, ni un estado de deficiencia acusada afectan de una forma apreciable la humedad de la planta a no ser que se trate de casos muy extremos. Las diferencias medias obtenidas en las experiencias realizadas en el presente estudio son de 91 al 92 % para plantas antes y después de regar y del 88 al 91 % entre enfermas y sanas respectivamente. Estas diferencias son perfectamente admisibles en un análisis agrícola.

Varios investigadores han estudiado el método de extracción de la savia :

Lunt (49) hace la extracción con una solución tampón de ácido acético - acetato sódico.

Emmert (22) E.M.C. realiza este proceso por prensado y extracción con ácido acético al 2% empleando carbón activo como agente decolorante.

Magnitskii (51) extrae con ácido acético - acetato sódico y C activo. Etc.

El resto de los trabajos se citan en el apartado "Introducción" de este estudio.

Sin embargo Delmas y Rouchenko (19) simplemente llevan a cabo un prensado de los peciolo.

Hemos seguido este último procedimiento después de comprobar en una serie de ensayos previos que era el método más exacto desde un punto de vista químico y al mismo tiempo el más real, ya que el resto de los investigadores al emplear soluciones extractoras analizan los elementos solubles en ellas pero no los que en realidad contiene la savia.

Por simple prensado, además de ser necesaria una elevada cantidad de peciolo (aproximadamente 16 g. para extraer 2,5 cc. de savia), nos proporciona dicha extracción un jugo con elevada cantidad de materia orgánica en forma coloidal, por lo que no era posible en muchos casos obtener un filtrado del extracto perfectamente claro. Además era de composición algo diferente al jugo extraído según el método adoptado.

Estos inconvenientes fueron subsanados siguiendo el método de extracción de simple prensado, pero con previa helada de la muestra, según el procedimiento que se expone a continuación.

Método empleado :

A través de los estudios realizados ha quedado claramente patente la ventaja de helar la muestra, ya que de esta forma se obtiene una mayor cantidad de savia y además mucho más clara, pues al helarse los tejidos rasgan las células, fluyendo fácilmente aquella en un mínimo de presión mecánica, lo que hace que pase menos materia orgánica a la savia y por tanto que existan menos riesgos de interferencias en los métodos colorimétricos empleados. Esto, así como la mayor facilidad, precisión y rapidez operatoria en el laboratorio, justifica el posible retraso de algunas horas en comenzar los análisis.

La muestra se toma en la parte de la planta seleccionada, es decir, en los peciolo de las hojas jóvenes completamente desarrolladas. Aproximadamente 5 g. de peciolo se limpian con un algodón ligeramente humedecido y se secan inmediatamente con papel de filtro. Se introducen en una bolsa de plástico debidamente etiquetada dentro de una nevera a la temperatura

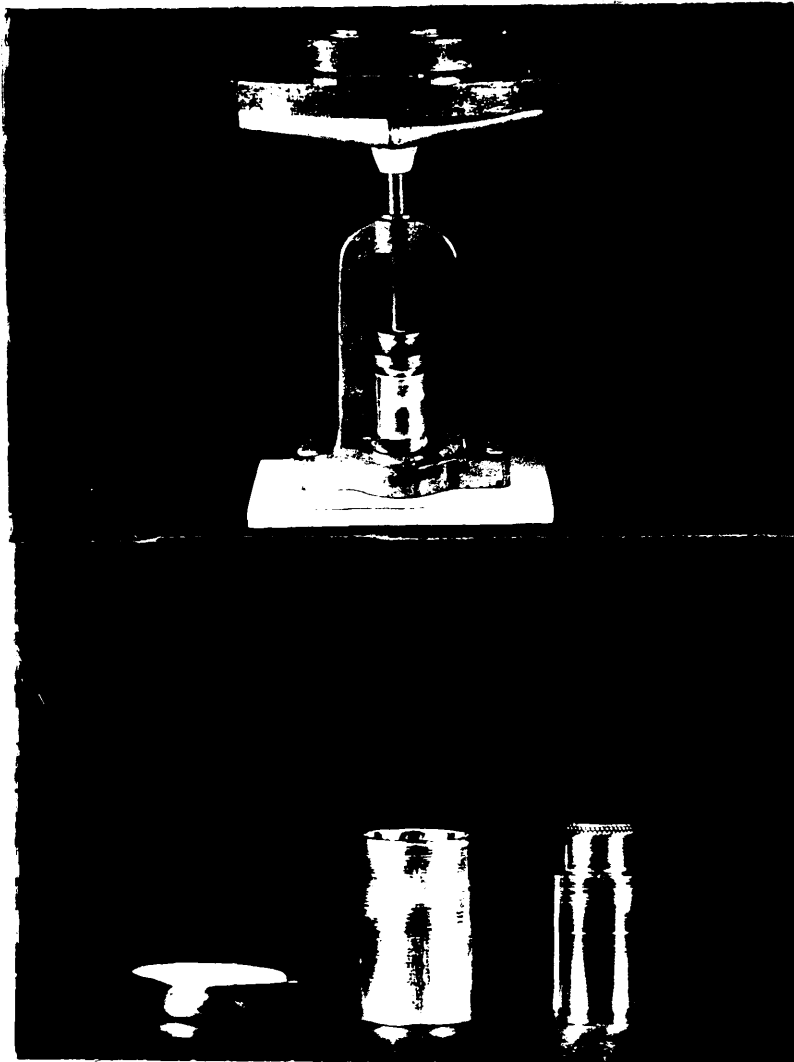
de - 10° C, durante 3 ó 4 horas como mínimo (68).

Sacada la muestra de la nevera se mantiene a la temperatura ambiente hasta que empiece a fundirse, se pasa a un cilindro metálico cromado y se aplica una presión de 1 Kg/cm² mediante un émbolo que ajusta con dicho cilindro. Se emplea el aparato que se expone en la fotografía nº 1 de la página siguiente.

La savia extraída por prensado se une a la que se haya fundido antes de introducir la muestra en el cilindro. De esta forma hacemos una extracción prácticamente completa del jugo de los peciolos. A continuación éste se homogeiniza por agitación y se toma una parte alícuota. Por fin se diluye con agua destilada y se filtra por doble papel marca Albet nº 242.

Así tenemos un líquido perfectamente transparente con una pequeña cantidad de materia orgánica disuelta.

Como último proceso de purificación se pasa la savia por resinas cambiadoras catiónicas y aniónicas, separando así la materia orgánica disuelta de la parte inorgánica, según se describe más adelante. Este proceso nos proporciona una savia pura apta para el análisis. Sin embargo para ensayos en serie utiliza



Fotografía n° 1

**Prensa de extracción y detalle de cazoleta
cilindro y émbolo.**

Escala.-

Prensa.- 1 : 4,6

Detalle- 1 : 2,3

dos para una recomendación racional de abonado se comprobó que no era necesario llevar a cabo este último proceso.

Tanto la elección de la presión como de la temperatura óptima de helada se hizo en función de los datos obtenidos según se describe a continuación.

Presión empleada para la extracción de la savia (68)

En el cuadro nº 10 puede apreciarse que las presiones de 1 y 2 Kg/cm² dan valores muy semejantes y aproximadamente la misma cantidad de savia. La presión de 1 Kg presenta la ventaja de proporcionar un extracto menos turbio que la de 2 Kg. Los 8 valores repetidos corresponden a otras tantas muestras de 5 g. tomadas de 40 g. de peciolos previamente homogeneizados cortándolos en trozos de 2 cm. aproximadamente de longitud, y correspondientes al mismo tratamiento, para así eliminar en lo posible el error de toma de muestra y comprobar los errores debidos al prensado. Las plantas de donde se obtuvieron los peciolos empleados no sólo correspondían al mismo tratamiento sino que además se habían desarrollado en las mismas condiciones de suelo, temperatura, luz y humedad.

CUADRO nº 10

Concentración de elementos en la savia y cantidades extraídas en función de las presiones aplicadas

Concentraciones expresadas en mg/l

Muestra	Presión de aplicación	de 5 g. de peso	N(NO ₃ ⁻)	P ₂ O ₅	K	Na	Ca	Cl
1	1 Kg/cm ²	3,3	1.784	20	4.582	264	1.376	4.400
2	" "	3,3	1.960	24	4.316	248	1.248	4.240
3	" "	3,3	2.104	16	4.449	280	1.368	4.240
4	2 Kg/cm ²	3,3	2.200	28	4.913	292	1.104	-
5	" "	3,4	2.104	20	4.847	272	1.392	3.920
6	" "	3,1	1.856	16	4.050	244	1.408	3.760
7	3 Kg/cm ²	3,7	1.920	24	4.781	248	1.408	4.080
8	" "	3,6	1.600	24	3.652	208	1.192	3.600

La turbidez del extracto aumenta con la presión.
 Con 1 Kg/cm² se extrae prácticamente toda la savia.
 Muestras repetidas para comprobar el error de pre-
sada.

Entre las muestras correspondientes a las presiones de 1 y 2 Kg/cm² las diferencias son mínimas sobre todo para la primera. Sin embargo para la de 3 Kg/cm² se dan mayores diferencias acentuándose éstas para el N, K y Cl.

De todo lo anterior hemos deducido que la presión más conveniente es la de 1 Kg/cm².

Temperatura de helada

En el cuadro nº 11 se exponen los resultados obtenidos con diferentes temperaturas.

Respecto a la cantidad de savia extraída y a la concentración de elementos, no existen prácticamente diferencias para las temperaturas de - 10° C y - 20° C.

Las muestras A a G corresponden al mismo tratamiento y fueron tomadas de la misma parte de la planta.

La homogeneización de los pecioloos para formar las muestras B a G se hizo de la misma forma que se expuso en el estudio de las presiones. Para la muestra A se tomaron 16 g. de pecioloos.

De esta forma se eliminó prácticamente (como en el caso anterior) el error de toma de muestra.

CUADRO nº 11Concentración de elementos en la savia y cantidades
extraídas en función de la temperatura de helada.Concentraciones expresadas en mg/l.

Muestras	Peso	Temperatura de helada	cc. extraídas	N(NO ₃)	P ₂ O ₅	K	Na	Ca	Cl
A	16,0	12 C	2,5	1.760	40	4.117	208	344	2.720
B	5,0	-10°C	3,0	1.912	60	4.980	236	260	3.040
C	5,0	-10°C	3,0	1.888	60	5.245	244	224	3.360
D	5,0	-10°C	3,3	1.824	72	5.245	192	308	3.120
E	5,0	-20°C	3,3	1.896	72	5.179	200	252	3.200
F	5,0	-20°C	3,0	1.744	72	4.781	220	208	3.120
G	5,0	-20°C	3,3	1.760	56	5.377	244	196	3.120

Las muestras a 12 C presentaban coloración verde muy turbio.

Las muestras a -10°C presentaban coloración verde algo turbio.

Las muestras a -20°C presentaban coloración verde turbio.

Muestras repetidas para -10 y -20°C para comprobar el error debido a la técnica seguida.

La temperatura de 1° C nos da valores algo inferiores respecto a las otras dos y nos proporciona una cantidad notablemente inferior de savia extraída, por lo que se excluyó del procedimiento.

Por razones de tipo mecánico se eligió la temperatura de - 10° C, aunque ya hemos señalado que en función de los valores del cuadro nº 11, podría emplearse indiferentemente dicha temperatura y la de - 20° C. Sin embargo y desde un punto de vista analítico la temperatura elegida presenta una ventaja respecto a la de - 20° C, ya que nos proporciona una savia menos turbia con las consiguientes ventajas en la filtración y en la eliminación de la materia orgánica con resinas cambiadoras de iones.

Eliminación de la materia orgánica disuelta en la savia para comprobar su posible influencia en las determinaciones analíticas.

En la savia diluída y filtrada, es decir, en la materia usada para el análisis, existen disueltas una pequeña cantidad de substancia orgánica coloreada correspondiente a la clorofila y otra incolora aún en menor concentración que la anterior.

Con el fin de acelerar la realización de los análisis de savia que en nuestro caso pasaron de 1.000, era necesario comprobar si la materia orgánica considerada influía en las determinaciones del contenido mineral de dicha materia, y por tanto si era posible llevar a cabo dichas determinaciones sin la eliminación previa de aquélla.

Por otra parte los oligoelementos se encuentran en la savia en un contenido muy bajo, por lo que para proceder a su análisis es necesaria una concentración previa mediante el empleo de resinas cambiadoras de iones.

Para resolver los problemas expuestos fué necesario el empleo de carbón activo y de las resinas antes mencionadas, según se expone a continuación :

Eliminamos en primer lugar la fracción coloreada de la materia orgánica mediante el empleo de carbón activo en la cantidad que se indicará posteriormente.

Con anterioridad y para comprobar si el carbón activo fijaba parte del contenido mineral de la savia se experimentó con una solución conocida compuesta por sustancias minerales y con una concentración semejante a la que se encuentra en la savia.

CUADRO nº 12 A

Comparación de los contenidos minerales de solución conocida de la misma tratada con C activo.

Muestras	Concentración de elementos expresada en mg./cc. de solución 10 veces diluida					
	N(NO ₃)	P ₂ O ₅	Cl	K	Na	Ca
Solución sin tratar	156	32,0	225	700	110	78
con C activo						
Solución tratada con C activo	146	32,5	230	700	115	76

Una prueba en blanco realizada con 0,5 g. de C activo y 25 cc. de agua destilada dió una concentración correspondiente al C activo de 1 γ de P_2O_5 ; 0 γ de Cl; 1,5 γ de K; 2 γ de $N(NO_3^-)$ y 0 γ de Mg, Ca y Na.

Los resultados obtenidos al comparar los análisis realizados sobre la solución conocida tratada con carbón activo y sin tratar con este elemento, se exponen en el cuadro nº 12 A.

Como puede observarse en el cuadro anterior no se producen variaciones analíticamente apreciables al tratar la solución con carbón activo.

El procedimiento seguido consistió en añadir 0,25 ó 0,5 g. de carbón por cada 10 cc. de savia cuatro veces diluida y filtrada. Se agita durante uno o dos minutos y se filtra por papel Albet nº 242 de ocho centímetros de diámetro, lavando a continuación el filtro y el carbón con agua destilada hasta enrasar a 25 cc.

Como segunda experiencia se experimentó con savias coloreadas y los resultados que se indican en el cuadro nº 12 B fueron asimismo satisfactorios, es decir, la materia orgánica

coloreada no influye en el análisis del contenido mineral de la savia.

CUADRO nº 12 B

Comparación de los contenidos minerales de savia con materia orgánica coloreada y sin ella.

Muestras X	Concentraciones de elementos expresadas en γ /cc. de savia 10 veces diluida.					
	N(NO ₃ ⁻)	P ₂ O ₅	Cl	K	Na	Ca
Savia con materia orgánica coloreada	153	31,4	216	641	59,0	56,7
Savia sin materia orgánica coloreada	155	30,5	205	637	59,0	53,8

X Corresponden los valores medios de las determinaciones realizadas en cinco savias diferentes.

Para terminar de comprobar correctamente, desde un punto de vista analítico, si existe alguna interferencia producida por la materia orgánica coloreada, se añadió a una savia una cantidad de solución conocida y se analizó

dicha solución, la savia y una mezcla a partes iguales de savia y solución. Los resultados que se detallan en el cuadro nº 12 C nos proporcionan resultados que confirman los ensayos anteriores.

CUADRO nº 12 C

Comparación de los contenidos minerales de savia, solución conocida y una mezcla de ambas.

Muestras	Concentraciones de elementos expresadas en % /cc. de savia 10 veces diluida.											
	N _h	N _c	P ₂ O ₅ _h	P ₂ O ₅ _c	Cl _h	Cl _c	Na _h	Na _c	K _h	K _c	Ca _h	Ca _c
Solución conocida	328	-	43,0	-	170	-	102	-	89,0	-	65,0	-
Savia	85	-	48,5	-	170	-	18	-	100,0	-	17,5	-
Mezcla a partes iguales de las 2 anteriores	166	164	46,5	45,7	180	170	59	60	94,6	94,8	41,0	41,2

Los elementos con el subíndice h se refieren a valores hallados experimentalmente y cuando dicho subíndice es c representa el valor calculado, es decir, la media aritmética de los contenidos de la solución conocida y de la savia.

Por lo tanto la segunda fracción de materia orgánica, es decir, la no coloreada tampoco debe interferir como posible sustancia reductora ya que existe junto con la coloreada en la savia a la que se ha añadido la solución conocida.

Además de eliminar las posibilidades de interferencia de la materia orgánica coloreada, el carbón activo presenta las siguientes ventajas : produce una coagulación rápida del cloruro de plata coloidal en el análisis de nitratos con la consiguiente ventaja en la filtración y nos proporciona una savia transparente e incolora cuya materia orgánica no se peptiza al menos durante 10 días manteniéndola en nevera a 12 C. Esto último tiene un gran interés pues de esta forma se evitan obstrucciones en el fotómetro de llama si por cualquier causa es necesario analizar la savia algunos días después de la extracción.

Por otra parte y como se demuestra en el cuadro nº 12 D, al no contener la materia orgánica incolora elementos inorgánicos excepto nitrógeno, las concentraciones de los elementos no varían, al menos en varios días, con el tiempo de almacenamiento, por lo que empleando carbón activo no es necesario anali-

zar el potasio y el fósforo en un tiempo determinado y el nitrógeno se puede determinar durante 22 horas después de la extracción.

CUADRO nº 12 D

Variación del contenido mineral de la savia sin materia orgánica coloreada en función del tiempo de almacenamiento en nevera a 12 C

Horas de almacenamiento	Concentraciones de elementos expresadas en mg/l		
	N(NO ₃ ⁻)	P ₂ O ₅	K
0	560	385	-
5	500	-	3.030
22	540	365	3.010
44	640	360	3.090

Se analizaron solamente los 3 elementos que podrían experimentar alguna variación según se deduce de los cuadros nºs 13 y 14.

Para comprobar si la segunda fracción de la materia orgánica, es decir, la incolora interfiere en los resultados analíticos en el sentido de aumentar el contenido mineral, se hizo un ataque con mezcla ácida oxidante de una parte alícuota.

de la savia decolorada con carbón activo para destruir la materia orgánica y se compararon las concentraciones de la savia así mineralizada y la que contiene la materia orgánica incolora. Los resultados se exponen en el cuadro nº 12 E.

CUADRO nº 12 E

Comparación de los contenidos minerales de savia con materia orgánica incolora y sin ella.

Muestras	Concentración de elementos expresada en γ /cc. de savia 10 veces diluida			
	P ₂ O ₅	K	Na	Ca
Mineralizada	4,0	313	10	10
Con materia orgánica	3,9	312	9	10

Como puede observarse en el cuadro anterior, la eliminación de la materia orgánica incolora no lleva consigo un aumento del contenido mineral de la savia por lo que aquella no puede contener elementos minerales, excepto nitrógeno que se elimina en la mineralización con ácido oxidante.

En muestra aparte se analizó el nitrógeno total y el amoniacal, resultando que la materia orgánica incolora contiene nitrógeno orgánico y por lo tanto, como puede observarse en el cuadro nº 12 D, a las 44 horas de efectuada la extracción se aprecia la subida de N debida a la hidrólisis de la materia orgánica incolora nitrogenada.

La eliminación de esta segunda fracción de materia orgánica incolora se llevó a cabo así mismo con resinas cambiadoras y el estudio general de éstas nos servirá en el futuro para la determinación de los oligoelementos por una concentración previa de la savia, según se expuso anteriormente.

Aplicación de las resinas cambiadoras iónicas al análisis de savia (30), (42), (66) y (82)

Antes de referirnos al caso concreto que nos ocupa, expondremos una ideas generales para el uso de estas resinas en el presente estudio.

Ante todo es necesario elegir las resinas más apropiadas para retener las sustancias

minerales de la savia y eliminar la materia orgánica disuelta mediante un lavado con agua de ionizada.

Es necesario tener en cuenta también la concentración de miliequivalentes de cationes y aniones contenidos en la savia para determinar así la cantidad de resina necesaria con el fin de reternerlos en ésta. Según Rieman (66) es necesario emplear 50 ó 100 veces más cantidad de resina que la calculada según las normas dadas por la casa que las fabrica.

La altura y sección de la columna donde se coloca la resina debe fijarse exactamente en los ensayos realizados partiendo de la base que la relación h/ϕ debe ser como mínimo igual a 3.

La clase y cantidad de eluyente empleado para la eliminación de las sustancias minerales retenidas en la resina deben fijarse así como su concentración que debe ser tal que esta eliminación se produzca con la cantidad mínima posible ya que cada resina funciona en un intervalo de pH determinado.

La velocidad de goteo al lavar o eluir debe ser, según Rieman (66), de 0,7 cm³/mn/cm² de columna.

En el caso que nos ocupa y después de unas pruebas previas se eligieron la resina catiónica Zerolit 225 y la aniónica Amberlita IRA-400.

La Zerolit 225 tiene una acidez comparable a la de un ácido mineral fuerte. El grupo activo es SO_3H . Cambiadora de cationes. Capacidad de cambio de 4 m.eq./gr. de resina seca. Actividad en el intervalo de pH de 1 a 14.

La Amberlita IRA-400 tiene una basicidad equivalente a la de una alcalí fuerte. El grupo activo es el Cl. Cambiadora de aniones. Capacidad de cambio 3,3 m.eq./gr. de resina seca. Actividad en el intervalo de pH de 0 a 12.

Dada la imposibilidad de encontrar una resina aniónica apta para nuestro caso con el grupo activo OH se utilizó la indicada con Cl por lo que no pudo determinarse dicha anión en el eluato. Sin embargo para los ensayos preliminares efectuados fué suficiente el empleo de dicha resina con grupo activo Cl. Posteriormente se intentó determinar también

dicho anión cambiando previamente el grupo activo Cl de la resina por el OH pasando NaOH 2M por la columna hasta reacción negativa de Cl en el líquido que filtra. Sin embargo los resultados fueron negativos.

Aunque eran suficientes 0,15 g. de resina para retener un m.eq. de cationes o de aniones que es el contenido aproximado de la parte alicuota de savia pasada por la columna, se emplearon en los dos casos 15 g. de resina.

Las columnas tenían una altura de 18 cm. y una sección de 1 cm².

Para eluir los cationes se utilizaron 50 cc. de ClH 4 M y para los aniones 50 cc. de NaOH 2M.

El procedimiento seguido fué el siguiente:

Una vez regeneradas las resinas cambiadoras se pasan 10 cc. de savia 4 veces diluída y filtrada por la resina catiónica y otros tantos por la aniónica que está colocada en diferente columna. La velocidad de goteo es la indicada anteriormente.

A continuación se lavan las dos resinas con 100 cc. aproximadamente de agua deionizada para eliminar totalmente la materia orgánica de la columna.

Por último se pasan 50 cc. de $\text{ClH } 4\text{M}$ por la resina catiónica y otros tantos de $\text{NaOH } 2\text{M}$ por la aniónica para eluir cationes y aniones respectivamente. En los eluatos se miden los elementos considerados.

Resultados

En primer lugar se experimentó con una solución conocida que contenía una concentración de iones semejante a la de la savia y por lo tanto sin materia orgánica con el fin de fijar todas las variables necesarias para la experiencia, excepto el volumen de agua necesario para lavar la materia orgánica de la columna y comprobar así el funcionamiento de las resinas.

En el cuadro nº 12 F puede apreciarse que existe una igualdad entre los análisis de la muestra testigo y los correspondientes a la elución de las resinas.

Así como la elución del fósforo y cationes se hace con exactitud empleando sólomente 50 cc. de eluyente, la de NO_3^- no se alcanza totalmente con 500 cc. Esta dificultad originó la eliminación de dicho anión en los análisis de los eluatos.

CUADRO nº 12 F

Comprobación de la fijación y elución del contenido mineral de una solución conocida empleando las resinas Zerolit 225 y Amberlita IRA-400.

Muestras	Concentraciones expresadas en			
	γ/cc. de savia 10 veces diluida			
	P_2O_5	K	Na	Ca
Eluato de la resina catiónica Zerolit 225	-	275	10,5	37,2
Eluato de la resina aniónica Amberlita IRA-400	27,0	-	-	-
Solución testigo	26,3	278	10,0	37,0

Una vez fijadas las variables para el uso correcto de las resinas elegidas, se ensayó con savia tratada con C activo, es decir, conteniendo materia orgánica incolora.

La savia con la fracción coloreada, o sea, según se obtiene en la extracción se utilizó previamente para un ensayo similar al anterior pero en este caso no se eliminaba bien toda la materia orgánica. Por lo tanto

decidimos tratar la savia con C activo y a continuación emplear resinas para obtener una savia totalmente libre de materia orgánica.

En el cuadro nº 12 G se muestran los resultados que como puede observarse, confirman los obtenidos mediante el ataque de la savia con una sustancia ácida oxidante, según el cuadro nº 12 E.

CUADRO nº 12 G

Comperación de los contenidos minerales de savia con materia orgánica incolora y sin ella eliminándola con resinas Zerolit 225 y Amberlita IRA-400

Muestras	Concentraciones expresadas en			
	γ/cc de savia 10 veces diluida			
	P ₂ O ₅	K	Na	Ca
Eluato de la resina catiónica Zerolit 225:	-	480	6,0	2,3
Eluato de la resina aniónica Amberlita IRA-400:	59	-	-	-
Savia teatigo	61	500	4,2	1,5

Las diferencias obtenidas son perfectamente admisibles analíticamente para el caso concreto del análisis de savia.

En resumen podemos decir que si el análisis de la savia se realiza con las debidas precauciones ya descritas, puede efectuarse sobre la materia obtenida por dilución y filtración de la savia extraída de los peciolo helados.

No obstante y sobre todo cuando no es posible tener en cuenta las precauciones citadas en el apartado que se refiere a la variación del contenido mineral de la savia con el tiempo de almacenamiento, parece recomendable tratarla con C activo antes de proceder al análisis.

En resumen podemos decir que después de confirmar, mediante las resinas, el ensayo de mineralización cuyos resultados se indican en el cuadro 12 E, la mayor importancia de aquéllas reside en la posibilidad de concentrar la savia para determinar Fe, Mn, Mo, B, Cu y Zn. Tema del que se tratará en un trabajo posterior.

e) Variaciones en el contenido mineral de la savia
con el tiempo de almacenamiento

En algunos casos las determinaciones analíticas del contenido mineral de la savia no pueden llevarse a cabo inmediatamente después de efectuada la extracción. Por lo tanto, nos pareció necesario comprobar si dicho contenido variaba con el tiempo de almacenamiento en nevera a 12 C.

En este apartado se trabajó con savia que se obtuvo por prensado y filtración por papel Albet nº 242, sin emplear carbón activo ni resinas, puesto que el estudio de las variaciones en el contenido mineral se hizo para la recomendación de abonado que fue el primer objetivo del presente trabajo.

Aunque normalmente se analiza la savia en el mismo día en que se efectúa la extracción, puede ocurrir como ya se ha indicado que se demore dicho análisis como máximo dos días. Por tanto se comprobó la variación del contenido mineral de la savia almacenada durante este período de tiempo.

Las variaciones del contenido mineral es posible que sean debidas fundamentalmente a la hidrólisis de la pequeña cantidad de materia orgánica que queda disuelta en la savia después del proceso de extracción.

Para las determinaciones analíticas se extrajo una cantidad de savia suficiente para llevar a cabo el análisis las veces necesarias con el fin de completar los datos de los cuadros nºs 13 y 14.

Los resultados se indican en dichos cuadros y corresponden a dos muestras diferentes.

La primera (cuadro nº 13) nos sirvió de tanteo previo para comprobar las posibles variaciones. En la segunda (cuadro nº 14) se tuvieron en cuenta intervalos de análisis menores para precisar más las variaciones.

CUADRO nº 13

Contenido mineral de la savia en función del tiempo de almacenamiento (ensayo previo)

Concentraciones expresadas en mg/l

Horas de almacenamiento	N	P ₂ O ₅	K	Na	Ca	Cl
0	1.630	44	6.640	300	780	-
24	1.820	52	6.040	310	796	-
96	2.070	56	5.950	300	808	-

CUADRO nº 14

Contenido mineral de la savia en función del tiempo
de almacenamiento
(Prueba extensiva)

Concentraciones expresadas en mg/l

Horas de almacenamiento	N	P ₂ O ₅	K	Na	Ca	Cl
0	580	56	6.640	280	756	4.000
5	520	60	6.640	280	748	4.080
22	530	60	5.445	270	780	4.040
27	690	64	5.710	274	702	4.160
44	-	68	5.180	280	780	4.200

./.

De los cuadros 13 y 14 se deduce que los elementos Na, Ca y Cl no varían prácticamente en 2 días, por lo que pueden analizarse durante este período de tiempo.

El P_2O_5 presenta una tendencia sistemática a subir con el tiempo de almacenamiento que, aunque no es muy marcada, conviene tener en cuenta sobre todo a partir de las 22 horas.

Por tanto es necesario analizarle en el intervalo de 0 a 22 horas.

El contenido de $N(NO_3^-)$ va aumentando ^{muy rápidamente} en la savia con el tiempo de almacenamiento, no obstante parece ser que al menos durante 22 horas se puede demorar el análisis sin que se cometa un error apreciable, según puede observarse en el cuadro 14.

El K puede analizarse asimismo durante cinco horas después de extraída la muestra.

De todo lo anterior puede deducirse que con las debidas precauciones, no es necesario eliminar la pequeña cantidad de materia orgánica que la savia lleva disuelta después de la extracción,

sobre todo para un procedimiento standard de análisis.

RESULTADOS

- Existen diferencias en los contenidos minerales de la savia de las diversas partes de la planta.
- El nitrógeno presenta la máxima concentración en los peciolo de hojas jóvenes completamente desarrolladas, hojas viejas y parte baja del tallo. Dicho contenido desciende ligeramente respecto a las partes anteriores en los peciolo de las hojas más jóvenes sin desarrollar y esta disminución se acentúa para las raíces y parte alta del tallo.
- El P_2O_5 presenta un máximo contenido muy superior al resto de la planta en los peciolo de las hojas más jóvenes sin desarrollar y en las raíces y dicho contenido es mínimo en las hojas más viejas.
- El Potasio se encuentra en una concentración máxima en las hojas más jóvenes sin desarrollar y en la parte alta del tallo y mínima de las hojas viejas. Por tanto parece deducirse de lo anterior y del cuadro nº 1 la existencia de posibles desequilibrios entre los elementos N, P y K que se citan a lo largo de las experiencias del presente estudio.
- El Na no presenta unas oscilaciones muy acentuadas

en las diversas partes de la planta, sin embargo parece ser que se encuentran en un valor máximo en las raíces y hojas viejas.

- El Ca es el elemento que da mayores variaciones dentro de la planta, pues en el caso estudiado se observa un valor de 200 a 300 mg/l en las raíces y tallo y sin embargo en las hojas jóvenes completamente desarrolladas y en las viejas su contenido asciende a 800 y 1300 respectivamente, es decir, aproximadamente 4 veces más.
- El Cl presenta el valor máximo en las hojas viejas y un mínimo en las raíces, sin embargo en el resto de la planta no se dan diferencias apreciables.
- La planta absorbe más potasio que ningún otro elemento. A este catión le sigue en concentración el Cl. A continuación el N y Ca por este orden y por fin la mínima absorción corresponde al fósforo. El contenido de sodio varía mucho según los casos.
- Una vez descartadas como muestras las hojas jóvenes sin desarrollar, raíz y tallos, por la destrucción ^{que} de la planta este método llevaría consigo, se eligieron las hojas jóvenes completamente desarrollada para la extracción de sus peciolo del jugo que

denominamos "savia", por la facilidad que estas presentan respecto a las hojas viejas para tomar hojas de la misma edad con el fin de que los resultados sean comparativos. Por otra parte la muestra elegida está menos influenciada por el proceso metabólico que en las más jóvenes y además el análisis de su savia nos da una idea del estado de nutrición de la planta según puede deducirse de las experiencias descritas más adelante.

- El error total experimental, es decir, el correspondiente a la toma de muestra, extracción y análisis, es de 4,2 % para el N; 12,9 % para el P_2O_5 ; 8,8 % para el K; 15 % para el Na; 13,6 % para el Ca y 17,8 % para el Cl.
- El contenido de calcio en la savia presenta variaciones apreciables entre las 8 de la mañana y 8 de la noche. Sin embargo las concentraciones de los 6 elementos estudiados se mantienen prácticamente constantes entre las 11h y 12h30m.

PROCEDIMIENTO SEGUIDO

- Se eligió para la extracción de la savia una presión de 1 Kg/cm² ya que de esta forma se extrae prácticamente toda y por lo tanto la misma cantidad que con 2 o 3 Kg/cm². Origina un contenido menor de materia orgánica en el extracto y nos proporciona errores, en la repetición de muestras, iguales o inferiores

a los otros dos casos considerados.

- Se hielan las plantas a $- 10^{\circ}$ C, pues en primer lugar se eliminó la temperatura de 1° C que según se puede deducir del cuadro nº 10, nos dá una cantidad de savia notablemente inferior a los dos casos y una mayor turbidez en el extracto. Por otra parte comparandolos resultados correspondientes a la temperatura de $- 20^{\circ}$ C con los de la de $- 10^{\circ}$ C, puede observarse que no hay prácticamente diferencia respecto a la cantidad de savia y error de repetición de muestras; sin embargo, se eligió la temperatura de $- 10^{\circ}$ C como óptima para nuestro caso por obtenerse un extracto con menor cantidad de materia orgánica y por algunas ventajas de tipo mecánico y económico respecto a la de $- 20^{\circ}$ C.
- Para eliminar la materia orgánica disuelta en la savia se empleó en primer lugar carbón activo eliminándose así la fracción coloreada de aquélla y a continuación la parte incolora se separa de la solución mineral (savia pura) con resinas Zerolit 225 y Amberlite IRA 400, catiónica y aniónica respectivamente.

- Se comprobó que tanto la fracción coloreada de la materia orgánica disuelta en la savia como la incolora no interfieren en los métodos analíticos empleados.
- Tratando la savia con carbón activo sólamente y almacenándola en nevera a 12 C, el nitrógeno puede analizarse durante las 22 horas siguientes a la extracción y el resto de los elementos durante 44 horas al menos aunque lógicamente y a la vista de los resultados el análisis de estos elementos podrá demorarse ilimitadamente.
- Si la savia no se trata con carbón activo conviene analizar el K en las 5 horas siguientes a la extracción, el N y P_2O_5 durante las 22 horas después de dicho proceso y para el Na, Ca, y Cl puede demorarse el análisis hasta 4 días al menos.

2ª) - ELECCION DE LOS METODOS
=====

ANALITICOS
=====

Según K.P. Magnitskii (51), aunque las sustancias nutrientes que pasan del suelo a la planta se transforman rápidamente, la concentración de éstas se mantiene constante en la savia para una hora determinada del día y un mismo estado vegetativo. Esta concentración es precisamente la que se analiza para interpretar el estado de nutrición de la planta.

Se analizaron N de NO_3^- ; P_2O_5 ; K^+ ; Na^+ ; Ca^{++} y Cl^- .

En el cuadro nº 14 se aprecian las oscilaciones que presentan los diversos elementos en la savia en relación al tiempo de almacenamiento de los extractos en nevera a 12 C, si no se elimina la materia orgánica disuelta con resinas cambiadoras. Puede observarse una tendencia sistemática a un ligero aumento de N y P y un descenso de K, aunque en estas oscilaciones hay que incluir el error analítico. Las concentraciones de Na, Ca y Cl permanecen prácticamente constantes.

Por lo tanto para obtener resultados reproducibles, es conveniente analizar N, P y K inmediatamente después de tomada la muestra, si es posible, y como máximo dentro de las 5 horas después de extraída la savia, el $\text{N} \equiv \text{P}$ K y hasta 22 horas después para el P_2O_5 . y el N.

El Na, Ca y Cl pueden ser analizados al menos durante 4 días de almacenamiento.

El ligero aumento de las concentraciones de N y P se debe a que la materia orgánica disuelta se hidroliza y el equilibrio : elemento orgánico \rightleftharpoons elemento mineral, se desplaza hacia la derecha con el consiguiente error en la determinación.

No obstante y teniendo en cuenta el error analítico, de los cuadros 13 y 14 se deduce que la tendencia más clara corresponde al descenso del K con el tiempo de almacenamiento. Las variaciones del resto de los elementos e incluso en algunos casos del mismo K no fueron muy significativas.

Para el análisis de todos los elementos anteriormente citados excepto para Cl^- , se emplearon métodos colorimétricos y fotométricos. Mediante ellos pudimos determinar las pequeñas concentraciones de elementos que se encuentran en la savia.

Otra ventaja de los métodos citados respecto a los gravimétricos o volumétricos es la rapidez con que se pueden llevar a cabo los análisis, pues de esta manera disponiendo en el laboratorio de

un fotómetro y un colorímetro, es factible que sean analizadas, por cinco operarios, 30 muestras, en 8 horas de trabajo.

El pH de la savia del cultivo que se considera en el presente trabajo oscila entre 4,8 y 6. Por tanto no afecta a los métodos colorimétricos empleados para el análisis de NO_3^- y P_2O_5 ya que para dichos elementos se parte, para el desarrollo del color, de un medio fuertemente ácido. Para el análisis de K, Na y Ca al fotómetro tampoco es obstáculo y para la determinación volumétrica de Cl con NO_3Ag puede ajustarse fácilmente el pH a 7.

NITRATOS =====

Entre los procedimientos de Jackson (41), Metson (56) y Hillebrand (35), adaptamos un método colorimétrico de análisis de NO_3^- al caso concreto de la savia, llevando a cabo algunas comprobaciones analíticas, fundamentalmente la que se refiere a la influencia de los Cl^- sobre el color desarrollado, ya que dicho anión se encuentra en la savia en una concentración relativamente elevada.

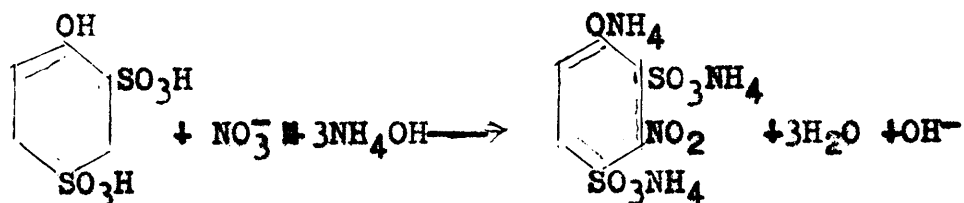
Para el resto de las comprobaciones se tuvieron en cuenta los siguientes puntos :

- Variación de la curva, trazada con soluciones patrones, en función del tiempo de almacenamiento.
- Repetición de muestras añadiendo cantidades conocidas de nitratos y
- Elección del filtro más adecuado para las medidas en el colorímetro Klett-Summerson (72).

Dadas las modificaciones introducidas en los métodos de los tres autores antes mencionados, detallamos a continuación el procedimiento empleado.

Fundamento.-

Se funda el presente método en el color desarrollado entre el NO_3^- y un reactivo de ácido fenol-disulfónico en medio ligeramente amoniacal, según la reacción :



Acido fenoldisulfónico
(incolore)

Nitrofenoldisulfonato
amónico (amarillo)

Material.- (Para el análisis de 33 muestras)

- 40 tubos de ensayo de 10 cc. graduados.
- 40 embudos.

- 40 tubos de ensayos numerados.
- 1 pipeta de 1 cc.
- 40 cápsulas de porcelana de 50 cc. de capacidad y 9 cm de diámetro.
- 1 baño maría.
- 2 buretas de 50 cc.
- 1 probeta de 100 cc.
- 40 matraces aforados de 50 cc.

Reactivos.-

- (1) SO_4Ag_2 sólido.
- (2) Acido fenoldisulfónico : disolver 25 gr. de fenol blanco puro en 225 ml de SO_4H_2 concentrado (p.e. 1,84), mezclar y calentar de 6 a 8 horas a 100°C en un frasco tapado con un embudo. Enfriar y guardar en un frasco to pacio.
- (3) Solución de amoníaco : 1 parte de amoníaco concentrado más 0,5 de H_2O destilada.

Aparatos.-

Colorímetro Klett-Summerson.

Técnica.-

Se procede con el problema de la siguiente manera :

Se añaden a 3 cc. de savia cuatro veces diluída, 50 mg. de SO_4Ag_2 para eliminar los cloruros. Se filtra por doble papel de filtro. Sobre una solución Ag^+ añadir una gota de filtrado para comprobar la eliminación total de los Cl^- . El filtrado debe ser completamente claro. Tomar del filtrado 0,5 cc. y llevar a sequedad en baño maría. Cuando el residuo esté frío se añaden 4 cc. de ácido fenol disulfónico (1). Agitar con varilla de vidrio y añadir aproximadamente 10 cc. de H_2O . Se añaden 20 cc. de solución de amoníaco (2). Agitar con varilla y medir el pH que debe ser básico. Llevar a un volumen de 50 cc. y leer en el colorímetro usando filtro de 440 $\text{m}\mu$ y cubeta de 2 cm de recorrido de luz.

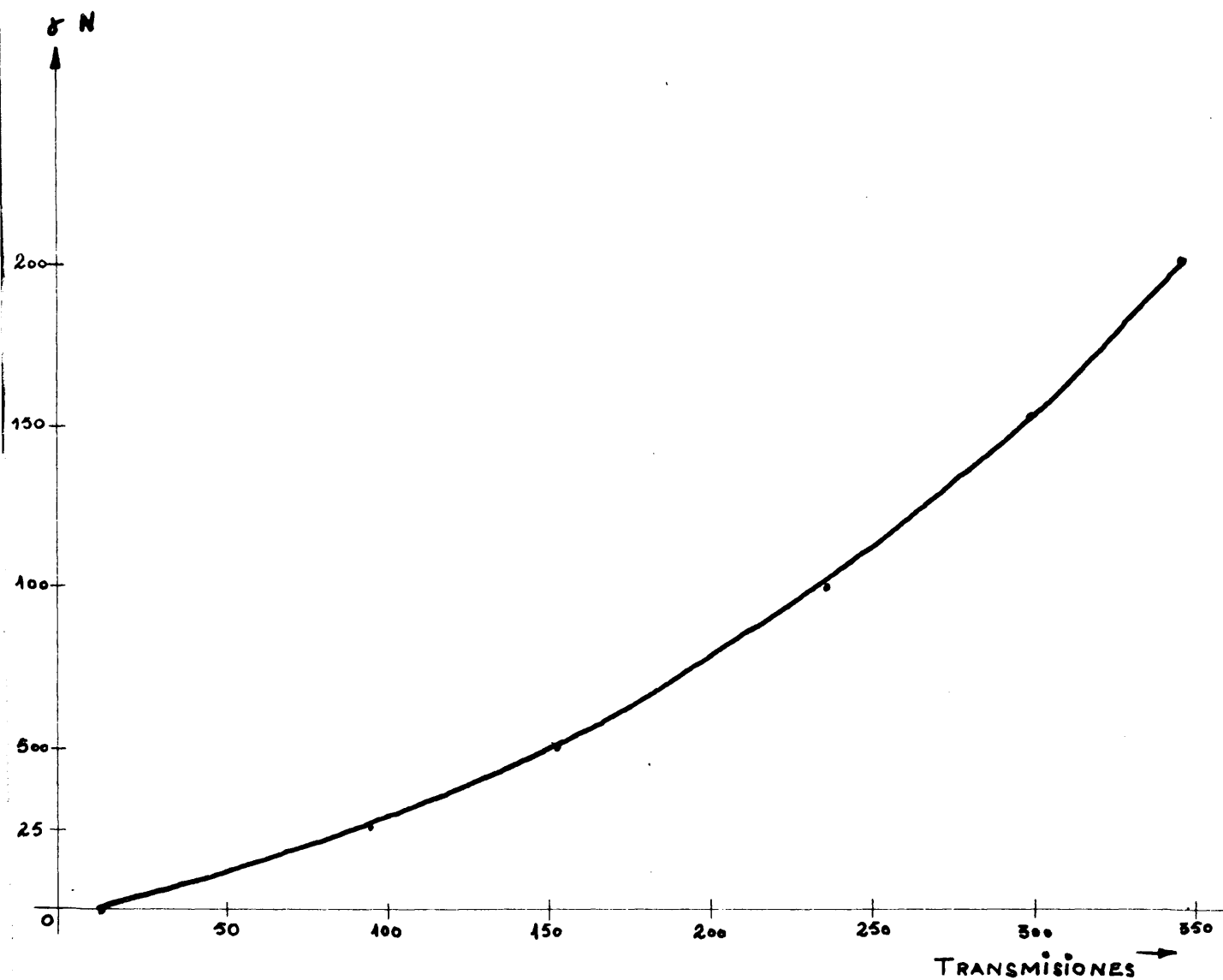
Se evapora a sequedad en baño maría 1 cc. de los distintos puntos de la curva y se procede de igual forma que para los problemas. La curva se construye con los puntos 0, 25, 50, 100, 150 y 200 λ de $\text{N}(\text{NO}_3^-)$, fabricados a partir de una solución de 1.000 λ de $\text{N}(\text{NO}_3^-)$.

GRAFICA 1

CURVA DE $N(NO_3^-)$

COLORIMETRO KLETT - SUMMERSON

CUBETA 2 cms.

METODO: *ácido ferrodissulfónico*

- Comprobaciones -

12) - Variación de la curva con el tiempo de almacenamiento

Los resultados se exponen en el cuadro nº 15.

CUADRO nº 15

Variación de la curva con el tiempo de almacenamiento

Filtro 420 μ m. Klett-Summerson. - Cubeta 2 cm

N(NO ₃)	Transmisión	Transmisión	Transmisión	Transmisión	Transmisión	Transmisión
	13 h.	13 h 30'	14 h.	16 h.	18 h. 30'	8 h.
	9.1.64	9.1.64	9.1.64	9.1.64	9.1.64	10.1.64
0	18,0	18,0	18,0	17,5	15,5	15,0
25	163,5	163,5	163,5	162,5	161,0	158,0
50	307,5	304,0	303,0	301,0	299,0	294,0
100	455,0	451,0	448,0	447,0	447,0	435,0
150	590,0	586,0	580,0	575,0	575,0	550,0
200	700,0	695,0	694,0	690,0	690,0	630,0

Durante cinco horas y media, las transmisiones no varían apreciablemente.

2ª) Comparación de transmisiones con diferentes filtros.

Los resultados se indican en el cuadro nº 16.

CUADRO nº 16

Comparación de transmisiones con los filtros

420 μ m y 440 μ m

$N(NO_3)$	Transmisión filtros: 420	Transmisión filtro: 440
0	18,0	17,5
25	163,5	89,7
50	307,5	153,0
100	455,0	220,0
150	590,0	280,0
200	700,0	333,0

A pesar de la mayor dispersión obtenida con el filtro 420 μ m es conveniente medir con el de 440 μ m por las características del aparato, ya que a partir de la transmisión 500 se comete mayor error de lectura.

3a) Influencia de la concentración de Cl^- en el desarrollo del color.-

En el cuadro nº 17 se exponen los valores obtenidos con 50 y 100 μ de $\text{N}(\text{NO}_3^-)$ y varias cantidades de Cl^- . Puede observarse que los Cl^- interfieren el desarrollo del color incluso en cantidades pequeñas.

Los valores de Cl^- que normalmente se encuentran en la savia están comprendidos entre 2000 y 8000 μ $\text{Cl}^-/\text{cc.}$. Se comprobó la influencia de cantidades comprendidas entre 500 y 2.000 μ de Cl^- pues la savia se diluye cuatro veces antes de analizarla y se toma de 0,4 a 1 cc. para la determinación de $\text{N}(\text{NO}_3^-)$. Además se tuvo en cuenta un valor inferior a 500 μ (200 μ de Cl^-) para el que se comprobó asimismo la interferencia N/Cl en el método analítico considerado; de lo que dedujimos que la eliminación de Cl^- con SO_4Ag_2 debía ser total antes de iniciar el análisis.

CUADRO nº 17Influencia de la concentración de Cl en
el desarrollo del color

Muestra	N encontradas
50 N + 0 Cl	50,0
" + 200 " Cl	43,5
" + 500 " Cl	35,8
" + 1000 " Cl	32,0
" + 2000 " Cl	26,0
100 N + 0 Cl	100,0
" + 200 " Cl	93,0
" + 500 " Cl	86,0
" + 1000 " Cl	82,7
" + 2000 " Cl	75,0

La disminución que en el valor analítico producen los Cl⁻ se repite cuantitativamente en los dos casos considerados con 50 y 100 γ , aunque no proporcionalmente a la cantidad de Cl⁻ añadida. No obstante a cada valor de Cl⁻ le corresponde una disminución de N. Ejem.: para 200 γ de Cl de 6,5 a 7 γ de N; para 500 γ de 14 a 14,2; para 1.000 γ de 17,3 a 18 y para 2.000 γ de 24 a 25.

42) Repetición de muestras para determinar el error analítico.

En el cuadro nº 18 se indican los resultados de tres muestras diferentes repetidas dos o tres veces.

CUADRO nº 18

Repetición de muestras sin adición de NO_3^-

Muestra	Transmisión	$\text{N}(\text{NO}_3^-)/0,5 \text{ cc.}$
14	670	155,5
14	670	155,5
16	640	148,5
16	620	142,0
16	625	143,0
20	440,	95,0
20	430	92,0

En el cuadro nº 19 se comprueba igualmente esta repetición pero añadiendo cantidades conocidas de NO_3^- .

Dicha adición se hizo antes de eliminar los Cl^- con SO_4Ag_2 .

CUADRO nº 19Repetición de muestras con adiciones de NO_3^-

Muestras	N(NO_3^-) halladas	N(NO_3^-) calculadas
A ₁	204	205
A ₂	204	205
A ₃	207	205
B ₁	129	127
B ₂	127	127
B ₃	129	127
C ₁	156	152
C ₂	151	152

Las tres muestras A corresponden a las de N contenidas en 0,5 cc. de savia sin añadir NO_3^- .

Las tres muestras B corresponden asimismo a las de N contenidas en 0,5 cc. de una solución constituida por 3 cc. de savia y 3 cc. de otra disolución de 100 N/cc.

Las dos muestras C se hicieron de la misma forma que las B pero empleando una disolución de 200 N/cc.

Como puede observarse, en los cuadros 18 y 19, el error analítico es perfectamente admisible, ya que en la repetición de muestras el error máximo es aproximadamente del 4 % y en la prueba de adición de NO_3^- es inferior al 3 %.

FOSFORO

Se ha seguido el método colorimétrico de F. Burriel y V. Hernando (12).

SODIO, POTASIO y CALCIO

Se midieron con fotómetro Eppendorf.

CLORUROS

Se valoraron volumétricamente con NO_3Ag y empleando CrO_4K_2 como indicador (78), (54) y (5).

MAGNESIO

Se valoró con E.D.T.A. (sal disódica) previa eliminación del Ca(28) y (61).

Otros métodos empleados

Método Morgan (49) para análisis semicuan

titativo de NO_3^- en tejidos de plantas.

El Ca se determinó, en algunas ocasiones, por valoración volumétrica a pH 12 con una solución de sal disódica del ácido etilendiamino-tetracético (28) y (61).

Las técnicas seguidas para el análisis de suelos fueron las siguientes :

- Toma de muestra según instrucciones dadas por V. Hernando ^{y colab.} en el Estudio sobre las condiciones de Fertilidad de la Provincia de Guadalajara (32).
- Determinación de pH con aparato Beckman utilizando electrodos patrón de calomelanos y el de vidrio especial para semisólidos (31).
- el nitrógeno total según el método Kjeldahl (64).
- Potasio y calcio por fotometría de llama con Fotómetro Eppendorf.
- El fósforo asimilable según método de Burriel y V. Hernando (12).
- Materia orgánica por oxidación con $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ (3)

- Para determinar carbonatos se utilizó el calcímetro de Bernard.
- La textura según las técnicas de Brade (8) de el N.A.A.S. (58) y (14).

3º) ANALISIS TOTAL DE UNA MUESTRA

=====

MEDIA DE SAVIA DE TOMATERAS

=====

Con el fin de comprobar si existe una equivalencia entre aniones y cationes contenidos en la savia y hallar la cantidad de elementos que aproximadamente contiene dicha materia, se realizó un análisis total de una muestra media de savia de peciolo procedente de las experiencias realizadas en invernadero.

Los resultados obtenidos se exponen a continuación :

NH_4^+	51,4 mg/l	.....	2,8 meq.
Mg^{++}	843,6 "	.....	69,4 "
Ca^{++}	1100 "	.....	55 "
K^+	5200 "	.....	133 "
Na^+	256 "	.....	11,1 "
			<hr/>
			271,3 meq.
			totales
			de ca-
			tiones
Cl^-	6400 "	.....	180 meq.
NO_3^-	4960 "	.....	80 "
$\text{PO}_4^=$	80 "	.....	2,5 "
$\text{SO}_4^=$	160 "	.....	3,3 "
			<hr/>
			265,8 meq.
			totales
			de anio-
			nes.

El análisis total nos indica que existe una correspondencia entre aniones y cationes, ya que los meq. de unos y otros son prácticamente iguales. La diferencia de 5,5 es inferior a la debida al error analítico, por lo que no es significativa.

Por tanto es lógico pensar que exista asimismo dicha correspondencia entre las concentraciones de iones en la solución que absorbe la planta del suelo.

La relación de absorción $N(\text{NH}_4^+) / N(\text{NO}_3^-)$ es tan pequeña que, como es sabido, puede considerarse que la planta absorbe el nitrógeno fundamentalmente en forma de NO_3^- ya que la savia analizada corresponde a plantas fertilizadas con $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ en sementera y amonitro en cobertera.

Los elementos que se encuentran en mayor concentración en la savia con el K y Cl. En general y como siempre se ha observado en el presente estudio, los iones PO_4^{3-} , SO_4^{2-} y sobre todo el NH_4^+ forman parte de la savia en una concentración relativamente baja. Estas concentraciones de unos y otros elementos ya fueron señaladas en el apartado primero.

El análisis anterior no permite deducir los compuestos que expresados en forma molecular cons-

tituyen la parte mineral de la savia.

CONCLUSIONES

- El análisis total de la savia de plantas de tomate nos indica que ésta absorbe la misma cantidad de miliequivalentes de cationes y de aniones.
- Parece ser que la planta absorbe el nitrógeno fundamentalmente en forma de NO_3^- .

./.

APLICACIONES DEL METODO

Después de comprobadas la presión de extracción, temperatura de helada, hora más adecuada para la toma de muestra, elegida la parte de la planta para ser empleada como tal y adaptados los métodos analíticos más correctos para el caso concreto del análisis de savia, se consiguió poner a punto la técnica de trabajo y ya estábamos en condiciones de aplicar el presente método a estudios de nutrición mineral de las tomateras.

El objetivo inicial es el de emplear el método como índice del estado de nutrición de las plantas y estudiar fenómenos de interacción entre elementos y las respuestas de la planta a correcciones de abonado. En primer lugar y antes de entrar de lleno en los problemas mencionados, era necesario conocer los niveles de los seis elementos estudiados en la savia y las variaciones de dichos niveles en las diferentes etapas del ciclo de cultivo de la planta.

- 42) - VARIACIONES DEL CONTENIDO MINERAL DE
=====
- LA SAVIA, DURANTE EL CICLO DE CULTIVO.
=====
- PERIODOS DE MAXIMA ABSORCION
=====
- (23), (42), (53)

Para la correcta interpretación de los resultados obtenidos, por medio del análisis de savia, es indispensable conocer la evolución de las concentraciones de los distintos elementos en dicha materia a lo largo del ciclo de cultivo.

Para el estudio completo de dicha evolución se planteó una experiencia en invernadero con suelo de "La Poveda" (Arganda). El abonado común a los 27 tiestos (6 Kg de suelo cada uno) se hizo con 15.000 Kg/Ha de compost, 600 Kg/Ha de superfosfato y 600 Kg/Ha de cloruro potásico como abonado base antes de hacer el trasplante; 600 Kg/Ha de sulfato amónico al trasplante del semillero al tiesto y 900 Kg/Ha de amonitro y 600 Kg/Ha de cloruro potásico repartidos en 10 riegos (cada 10 ó 15 días). El suelo empleado en la experiencia corresponde a una profundidad de 20 cm.

El análisis del suelo se expone en el cuadro nº 20 y como puede apreciarse se trata de un suelo alto en fósforo, y medio en materia orgánica, potasio y calcio.

CUADRO nº 20Análisis del suelo correspondiente a"La Poveda" (Arganda)

Muestra:	Textura:	pH (H ₂ O)	pH (ClK)	N %	Materia orgánica %	C/N	P ₂ O ₅ (asimilable a pH 3,25) mg/100 g.	K ₂ O (soluble en aceto-amónico a pH 7) mg/100 g.	Ca (soluble en aceto-amónico a pH 7) mg/100 g.
Parcela 14:	Arena:	7,90	7,20	0,11	1,5	8,2	40	12	350
"La Poveda":	Ar: fina:								
Arganda:									

Las características cartográficas fundamentales del suelo estudiado son que se trata de un tipo de suelo aluvial de perfil edafológicamente indiferenciado.

Se tomaron muestras de peciolo en las siguientes épocas :

- 1ª - Cuando la hoja de la base ha alcanzado su máximo desarrollo.
- 2ª - Durante la formación de los botones florales.

- 3ª - Aproximadamente 10 días después de la floración.
- 4ª - Principio de la fructificación.
- 5ª - 15 días después del comienzo de la fructificación.
- 6ª - Principio de la maduración.
- 7ª - 15 días después del comienzo de la maduración.
- 8ª - Aproximadamente al final del cultivo (30 días después del comienzo de la maduración).

De esta forma pudieron determinarse las variaciones durante el ciclo vegetativo y el reproductivo, es decir, a lo largo de todo el ciclo de cultivo de la planta.

Los resultados se exponen en el cuadro nº 21 y gráfica nº2. Cada dato del cuadro corresponde a una media de cinco determinaciones.

CUADRO nº 21

Variación del contenido mineral de la savia
durante el ciclo de cultivo. Suelo de "La
Poveda" (Arganda).

Concentraciones expresadas en mg/l.

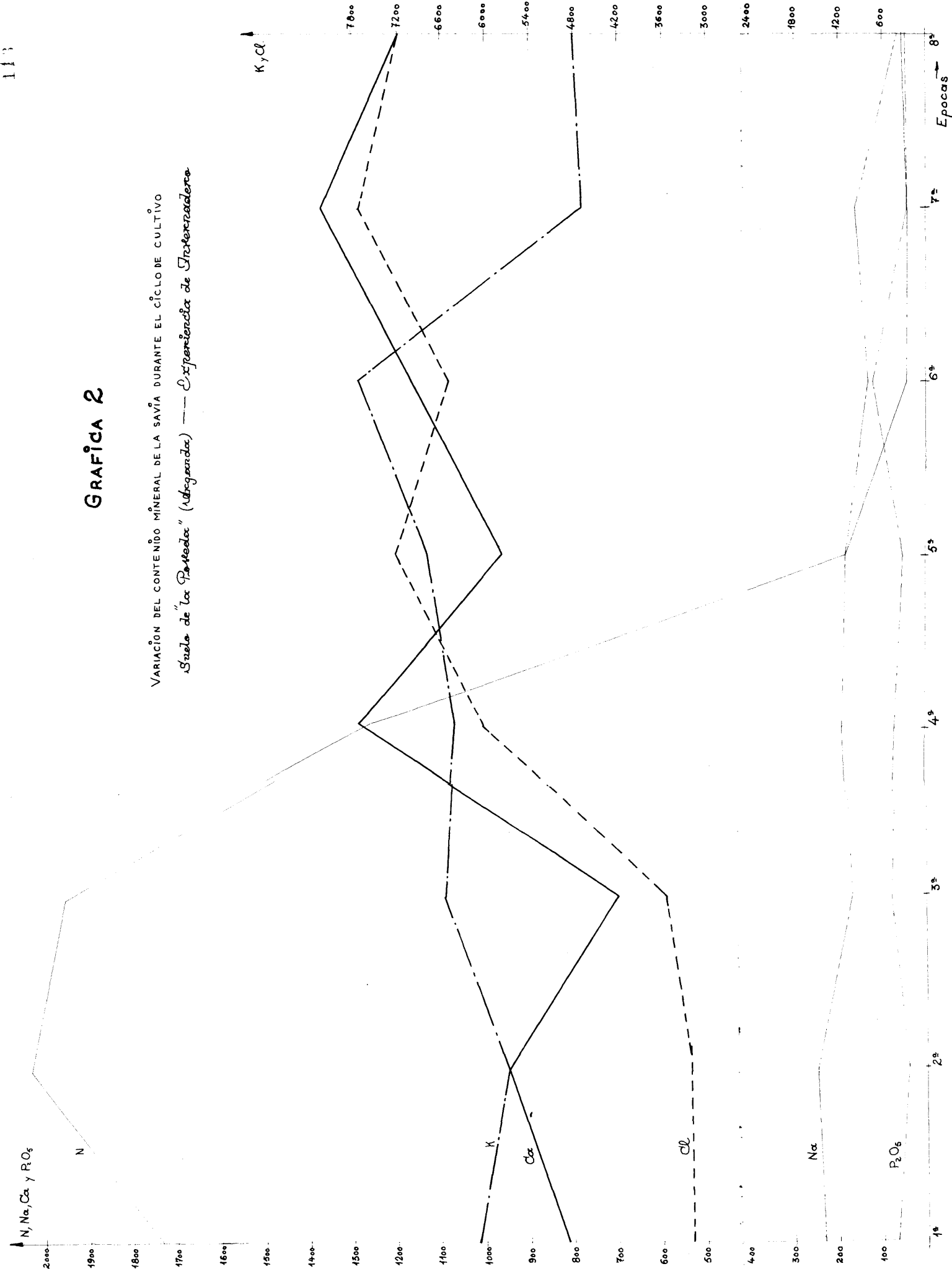
Epoca de toma de muestra:	N	P ₂ O ₅	K	Na	Ca	Cl	Altura de la planta en cm.
1ª	1.730	70	6.080	230	820	3.200	58
2ª	2.030	40	5.680	250	950	3.200	83
3ª	1.950	80	6.550	170	700	3.590	96
4ª	1.260	70	6.400	190	1.280	6.000	108
5ª	180	50	6.770	180	960	7.200	120
6ª	40	120	7.700	130	-	6.500	130
7ª	40	40	4.700	160	1.370	7.700	140
8ª	60	40	4.800	60	1.200	7.200	140

Se manifiesta un desequilibrio N/P, por causa de un "consumo de lujo" de N, pues la planta absorbió una cantidad anormalmente elevada de N y una muy pequeña de P₂O₅, aún disponiendo al suelo de cantidad suficiente de superfosfato.

Para la 6ª época se origina una elevación anormal de P_2O_5 respecto a las anteriores, ya que dicho valor se obtiene cuando el contenido de N baja y que por otra parte corresponde a un valor normal para dicha época según puede observarse en las dos experiencias que se presentan a continuación y que es consecuencia de la maduración del fruto.

GRAFICA 2

VARIACION DEL CONTENIDO MINERAL DE LA SAVIA DURANTE EL CICLO DE CULTIVO
 Suelo de "La Pastora" (Abogador) --- Experiencia de Intercaladero



Interpretación de los resultados

Las tendencias que se observan en el cuadro nº 21 y gráfica nº 2 son las siguientes :

- el contenido de N en la savia aumenta desde el comienzo del cultivo hasta la floración, aunque alcanza un máximo durante la formación de los botones florales. Este valor de 2.030 mg/l parece anormalmente elevado y esta anomalía que posiblemente es función del P_2O_5 se considera al final del cuadro nº 21. A partir de la floración experimenta un descenso muy brusco que se atenúa desde 15 días después de la fructificación hasta la maduración. A partir de esta época se aprecia un valor mínimo y constante hasta el final del cultivo.
- el P_2O_5 presenta valores muy bajos causados, como ya se ha indicado, por un desequilibrio N/P_2O_5 y prácticamente no varía hasta que en la maduración se produce una anormal subida. A partir de entonces se observa un descenso del P_2O_5 hasta un valor mínimo que permanece constante hasta el final del cultivo. Por las anomalías observadas en este elemento no puede determinarse con claridad su variación estacional mediante esta experiencia.

- el K experimenta una subida constante, aunque no muy acusada hasta la maduración. A partir de esta época se produce un descenso muy notable hasta un valor mínimo que como en el caso del N y P_2O_5 , se mantiene constante durante el resto del cultivo.
- el Na presenta valores muy bajos en comparación con el resto de las experiencias efectuadas por ser el suelo pobre en dicho elemento y no haberse añadido en la fertilización. No se aprecian durante el cultivo unas variaciones considerables de dicho elemento.
- el Ca tiende a aumentar del principio al fin del cultivo, a pesar de que presenta oscilaciones durante todo el ciclo.
- el Cl asimismo parece que aumenta durante el ciclo aunque también presenta unas pequeñas oscilaciones entre la fructificación y la maduración.

Con el fin de generalizar en lo posible las tendencias antes expuestas de los elementos minerales de la savia durante el ciclo de cultivo,

se tuvieron en cuenta las variaciones observadas, en las tomas de muestra, durante las diferentes épocas consideradas en la experiencia de invernadero que se explica posteriormente.

Además se consideraron los valores obtenidos en las diferentes tomas de muestra realizadas durante varias épocas del ciclo en la región murciana de Aguilas, con el fin de aplicar el presente método a la corrección de abonado. Dicha aplicación se cita en el apartado que es considerado al final del trabajo.

Contenido mineral de la savia durante algunas épocas del ciclo de cultivo en suelo de Alcalá de Henares.

Con otro suelo diferente al de Arganda y también a escala de invernadero se llevó a cabo la recogida de muestras de peciolo durante cuatro épocas de desarrollo que corresponden a : 4ª - 5ª, 6ª, 7ª y 8ª de las ocho anteriormente mencionadas. No fué posible tomar muestra de las tres anteriores.

./.

La fertilización común a todos los tiestos de la experiencia se hizo de forma semejante a la realizada con suelo de Arganda, pero con las debidas variaciones en función del contenido de elementos minerales del suelo. Para cambiar la clase de fertilizantes con el fin de variar las condiciones de la experiencia respecto a la anterior, los abonos nitrogenados empleados fueron urea y nitrato de Chile en lugar de sulfato amónico y amonitro.

La fertilización se hizo con un abonado base compuesto de 30.000 Kg/Ha de estiércol que corresponden a 15.000 Kg/Ha de compost (por razón de la humedad que contiene uno y otro), 385 Kg/Ha de ClK y 1.200 Kg/Ha de superfosfato (la dosis de este último correspondiente al análisis del suelo se incrementó aproximadamente tres veces para evitar las anomalías observadas para el P_2O_5 en la experiencia anterior).

Al trasplante se añadió 340 Kg/Ha de urea y durante los diferentes riegos del ciclo de cultivo 1.400 Kg/Ha de nitrato de Chile y 385 Kg/Ha de ClK.

El análisis de suelo se presenta en el cuadro nº 22.

CUADRO nº 22

Análisis de suelo de Alcalá de Henares (Madrid)

Muestras	Textura	pH H ₂ O	pH CLK	N %	Materia orgánica %	C/N	P ₂ O ₅ (asimilable a pH 3,25) mg/100g	K ₂ O (soluble en aceto amoníaco a pH 7) mg/100 g.	Ca (soluble en aceto amoníaco a pH 7) mg/100 g.
13.595	Franco arena fina	7,85	7,20	0,09	1,9	12,6	80	45	1.500

Los valores obtenidos en las cuatro épocas consideradas, se exponen en el cuadro nº 23 y gráfica nº 3.

Dichas épocas son 4ª-5ª, es decir, aproximadamente de 5 a 15 días después del comienzo de la fructificación, 6ª comienzo de la maduración, 7ª aproximadamente 15 días después de dicho comienzo y 8ª aproximadamente 15 ó 20 días después de la 7ª:

No obstante hay que hacer constar que no es posible fijar exactamente la correspondencia de épocas de toma de muestra.

CUADRO nº 23

Variación del contenido mineral de la savia
durante el ciclo de cultivo. Suelo de
Alcalá de Henares (Madrid)

Concentración expresada en mg/l.

Referencia del tratamiento fertilizante : Uo.

Epocas de toma de muestra:	N	P ₂ O ₅	K	Na	Ca	Cl
4ª - 5ª	480	180	9.160	610	720	3.520
6ª	80	132	6.390	1.200	520	5.440
7ª	60	105	3.070	1.160	1.170	5.800
8ª	-	108	2.720	1.250	760	4.560

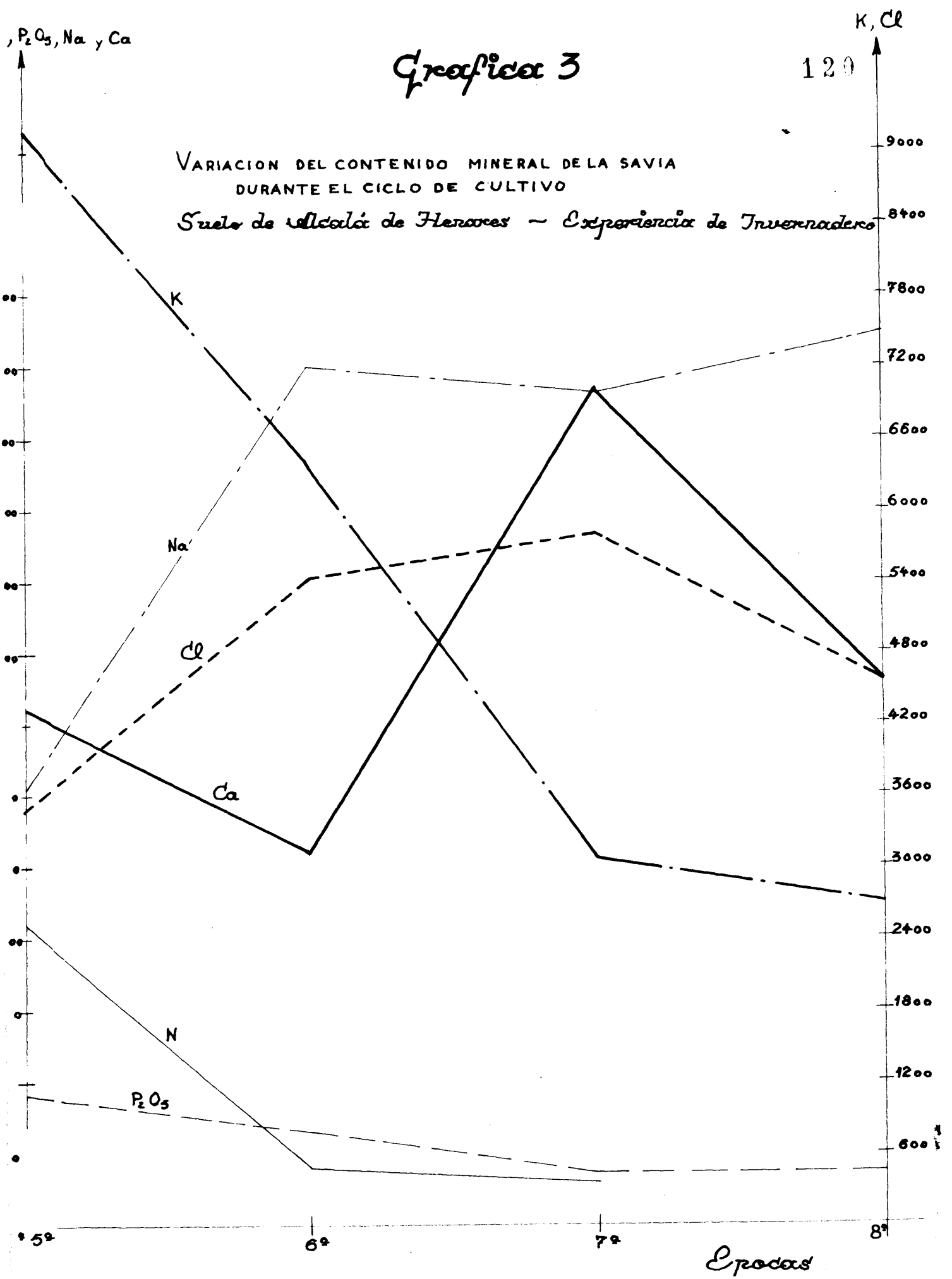
Interpretación de los resultados

- el N se comporta de la misma forma que en la experiencia anterior (cuadro nº 21), pues experimenta una caída brusca y después permanece con un valor mínimo prácticamente constante.
- el P₂O₅ a partir de la toma 6ª se comporta exactamente igual que en el caso anterior aunque con valores algo superiores por la mayor dosis

Gráfica 3

VARIACION DEL CONTENIDO MINERAL DE LA SAVIA
DURANTE EL CICLO DE CULTIVO

Suelo de *Alcalá de Henares* - *Experiencia de Invernadero*



de superfosfato empleada respecto a la anterior experiencia. El descenso entre la 4ª-5ª y 6ª no observado en la anterior por el desequilibrio ya mencionado confirma la posibilidad que antes apuntamos de un descenso congstante en el contenido de P_2O_5 en la savia a partir de la fructificación.

- el K asimismo presenta las mismas tendencias que en el caso anterior (descenso constante) a partir de la 6ª toma, pero con la variante de que antes se observaba, desde la fructificación a la maduración, un ligero aumento de dicho elemento en la savia.
- el Na experimenta una subida brusca entre las dos primeras tomas, y a continuación permanece prácticamente constante. Este elemento no se puede considerar como término de comparación, pues como se ha señalado, en la primera experiencia los valores eran muy pequeños, por carazón que el suelo tiene de él. Sin embargo en esta segunda experiencia los valores son muy elevados por el empleo de NO_3Na y en el caso que expondremos a continuación son también altos por

las características del agua de riego salina que en algunos casos llega a contener 1'4 g/l de ClNa.

- el Ca y Cl presentan oscilaciones semejantes al caso anterior.

Contenido mineral de la savia durante algunas épocas del ciclo de cultivo en la región murciana de Aguilas

Con los datos obtenidos de los análisis de savia en la región murciana de Aguilas durante varias épocas del ciclo estacional, pudimos estudiar la evolución de los elementos minerales de dicha materia en el campo.

Estos datos, aun perteneciendo a varios tipos de suelos, correspondían al mismo clima (condiciones climáticas de la región levantina) y a aguas de riego de un grado de salinidad aproximadamente igual (entre 1,0 y 1,4 g. de ClNa/litro). Se tomaron valores medios de cinco a ocho fincas diferentes de la región mencionada.

Se ha estudiado el contenido mineral de la savia desde el principio de la fructificación

hasta casi al final del cultivo, ya que para los períodos anteriores no fué posible tomar muestras.

Las épocas del ciclo de cultivo que se han estudiado para este tercer caso corresponden a :

4ª-5ª - Aproximadamente de 5 a 15 días después del comienzo de la fructificación (últimos días de agosto).

6ª - Principio de la maduración (últimos días de septiembre).

7ª - Aproximadamente 15 días después del principio de la maduración (últimos días de octubre).

8ª-9ª - Aproximadamente de 30 a 50 días después del comienzo de la maduración (últimos días de noviembre).

Sin embargo, hemos de hacer constar que sobre todo en experiencias de campo es difícil fijar exactamente el principio y el final de las épocas consideradas, pues suelen coexistir normalmente dos períodos del ciclo de cultivo.

Los resultados se exponen en el cuadro nº 24 y gráfica nº 4. Se incluyen las variaciones de las plantas enfermas durante las cuatro épocas.

Durante el desarrollo del cultivo es fácil ver plantas, cuyo aspecto enfermizo contrasta con el de las restantes de la plantación. Nos pareció interesante comparar la composición de ambos grupos de plantas, que designaremos con los términos : sanas (S) y enfermas (E), respectivamente, para comprobar si las causas de las deficiencias ó toxicidades eran las mismas durante todo el ciclo estacional.

En el cuadro nº 24 se presenta un conjunto de valores correspondientes a los cinco elementos estudiados (en esta experiencia no se analizó el Ca) para plantas sanas y enfermas, durante las cuatro épocas de desarrollo de la planta anteriormente señaladas : cada valor es media de un conjunto de unas diez muestras por término medio.

CUADRO nº 24

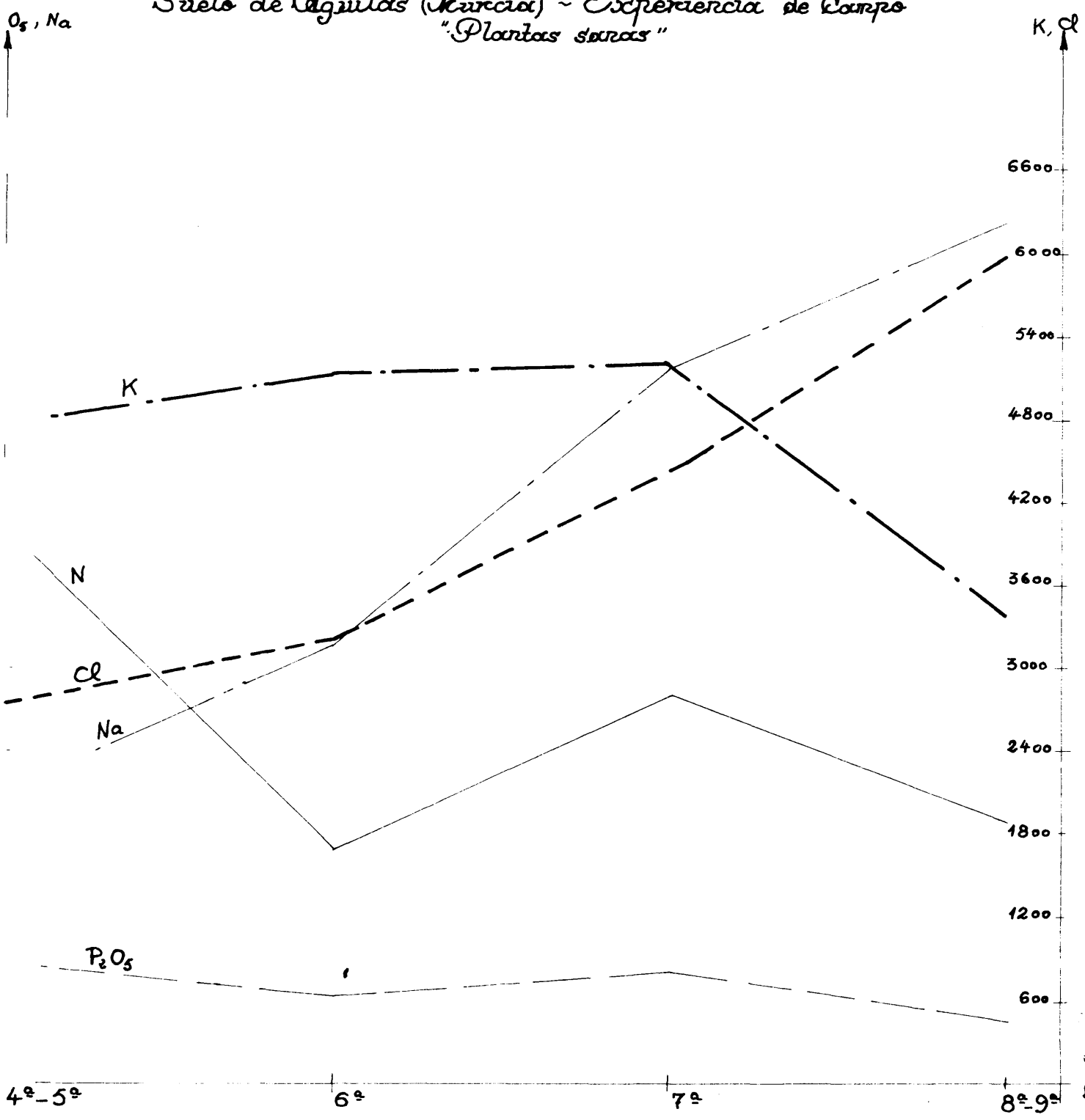
Variación del contenido mineral de la savia
durante el ciclo de cultivo.- Concentraciones
expresadas en mg/l.- Plantas sanas y enfermas
Suelos de Aguilas (Murcia)

Epoocas de toma de muestra		N	P ₂ O ₅	K	Na	Cl
4 ^a - 5 ^a	S	665	143	4.740	345	2.745
	E	586	111	5.600	473	3.540
6 ^a	S	283	114	5.122	531	3.177
	E	218	101	4.624	909	4.030
7 ^a	S	465	139	5.190	795	4.437
	E	290	119	3.650	995	4.840
8 ^a - 9 ^a	S	316	74	3.375	1.040	5.960
	E	210	88	2.175	1.480	7.275

GRAFICA 4

VARIACIÓN DEL CONTENIDO MINERAL DE LA SAVIA DURANTE EL CICLO DE CULTIVO

*Suelo de Aguilas (Murcia) - Experiencia de campo
"Plantas secas"*



Interpretación de los resultados

Puede apreciarse que aparte de las variaciones estacionales ya observadas, las plantas sanas arrojan contenidos superiores de N que las enfermas. Lo propio ocurre con el contenido en P_2O_5 y K, aunque estos presentan sendas excepciones: el contenido en P_2O_5 es ligeramente superior para las plantas enfermas en la muestra tomada en Noviembre (8ª-9ª épocas) y por otra parte el contenido en K presenta la misma tendencia para las muestras correspondientes a Agosto (4ª-5ª épocas). Los contenidos en Na y Cl son sistemáticamente superiores en las plantas enfermas que en las sanas en todo momento, lo que indica que soportan un exceso de salinidad. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los Cl están también relacionados con el K, por lo que el mejor índice de salinidad corresponde a la concentración de Na en la savia.

Por tanto, mediante el cuadro de valores expuesto, tanto en esta tercera experiencia como en las dos anteriores, pueden deducirse los "momentos de máxima absorción" del ciclo de cultivo.

De esta forma, podemos prever los momentos en que la planta necesita disponer de mayor cantidad de elementos.

En la gráfica nº 4 pueden observarse las oscilaciones que se dan en plantas sanas, para los cinco elementos considerados.

El contenido en N baja desde fines de Agosto a fines de Septiembre en forma considerable, volviendo a subir al empezar la maduración, para disminuir de nuevo al intensificarse ésta.

El contenido en P_2O_5 presenta una marcha semejante al N pero en general se puede considerar su variación como un ligero descenso durante la parte del ciclo estudiada confirmando así las tendencias observadas anteriormente para este elemento.

La riqueza de la savia en K experimenta un pequeño aumento hasta 15 días después del comienzo de la maduración, bajando sensiblemente a partir de entonces.

En cambio las concentraciones en savia de Cl y Na aumentan constantemente desde el final de Agosto hasta la plena maduración, es decir, durante las épocas del ciclo estudiadas.

Estos datos han resultado muy útiles en la interpretación de la respuesta de las tomateras a las fertilizaciones fijadas con arreglo a los datos suministrados por el análisis de savia, según se expondrá al final del presente estudio.

EXPERIENCIAS DE CAMPO E INVERNADERO
=====

Una vez fijadas las variables que hubieron de ser tenidas en cuenta para la puesta en marcha del método analítico y conocido el contenido mineral de la savia, así como las oscilaciones que éste presenta durante el ciclo de cultivo de la planta, estábamos en condiciones de emplear el método para la resolución de problemas concretos que se presentan en el campo relacionados con la fertilidad de suelos.

Se realizaron experiencias en campo y a escala de invernadero para poder considerar posibilidades más amplias y generalizar en lo posible las conclusiones obtenidas.

No obstante, en estas etapas previas de la aplicación del método, sólo intentamos iniciar una serie de líneas de trabajo para ser completadas y ampliadas en sucesivos estudios.

En la experiencia de invernadero se estudiaron varias combinaciones nitrogenadas al trasplante y en cobertura. De esta forma se eligió como idónea la correspondiente al máximo rendi-

miento de fruto. Hay que tener en cuenta que el resultado es sólo totalmente aplicable al suelo empleado y en las condiciones de experimentación en invernadero.

Por otra parte, en esta experiencia, se obtuvieron algunos datos referentes a la velocidad de nitrificación y forma en que absorbe el nitrógeno la planta, así como respecto a las interacciones entre elementos e influencia de la absorción de la planta sobre el contenido de elementos minerales en el suelo.

La aplicación que en un principio se dió al método estudiado fué la corrección de abonado y eliminación de salinidad en la zona murciana de Aguilas y en la de Alicante. Presentamos los resultados posteriormente.

52) - EXPERIENCIA DE ABONOS NITROGENADOS

SAVIA

=====

Con tiestos en invernadero

DETERMINACION DE LA NUTRICION NITROGENADA IDONEA
EN FUNCION DEL ANALISIS DE SAVIA EN VARIAS EPO-
CAS DEL CICLO DE CULTIVO.

PARTE EXPERIMENTAL (77)

Con el fin de determinar la combinación idónea de abonos nitrogenados añadidos durante el ciclo de cultivo del tomate, se planteó una experiencia con tiestos en invernadero. Constaba de nueve tratamientos, que corresponden a otras tantas combinaciones de abonos nitrogenados y tres repeticiones de cada uno de ellos.

El suelo escogido para la experiencia corresponde a la localidad de Alcalá de Henares (Madrid) cuyo análisis se indica en el cuadro nº 22.

Se trata de un suelo con pH elevado, contenido alto en Ca y deficiente en K.

Se empleó una fertilización base de P, K, y estiercol, común a todos los tratamientos.

El abonado al trasplantar y en cobertera con una cantidad de K igual para todos los tratamientos y las nueve combinaciones de abonos nitrogenados expuestos en el cuadro nº 25, que corresponde a cantidades iguales de N, es decir, únicamente se varió la clase de fertilizantes nitrogenados al trasplante y en cobertera (este último repartido en varios riegos).

CUADRO nº 25

Tratamientos y fertilización de la experiencia

"Abonos nitrogenados - savia".

Cada tiesto corresponde a 7 Kgs. de suelo

Tratamientos	Estiércol g/tiesto	Superfosfato g/tiesto	ClK g/tiesto	CO(NH ₂) ₂ g/tiesto	SO ₄ (NH ₄) ₂ g/tiesto	NO ₃ NH ₄ g/tiesto	NO ₃ Na g/tiesto			
	b	b	b	c	t	c	t	t	c	c
NA	70,0	2,8	0,9	0,9	-	1,3	-	1,0	-	-
NB	"	"	"	"	-	-	-	"	1,7	-
NC	"	"	"	"	-	-	-	"	-	3,3
SA	"	"	"	"	-	1,3	1,7	-	-	-
SB	"	"	"	"	-	-	"	-	1,7	-
SC	"	"	"	"	-	-	"	-	-	3,3
UA	"	"	"	"	0,8	1,2	-	-	-	-
UB	"	"	"	"	"	-	-	-	1,7	-
UC	"	"	"	"	"	-	-	-	-	3,3

El significado de b, t y c es el siguiente:

- b = Abonado base antes del trasplante del semillero al tiesto.
- t = Abonado al trasplante.
- c = Abonado en cobertera repartido en 10 riegos durante todo el ciclo de cultivo.

Control del estado de nutrición mediante el análisis de savia.

=====

Se estudió la nutrición de la planta en 4 épocas del ciclo de cultivo y sobre todo la nitrogenada. Al mismo tiempo pudieron comprobarse los niveles y relaciones óptimas de nutrición, así como algunas interacciones que no se apreciaron en la experiencia de campo por las características de los tratamientos.

Para controlar dicha nutrición, se analizó la savia en las cuatro épocas siguientes del ciclo de cultivo :

- 4ª-5ª Aproximadamente de 5 a 15 días después del comienzo de la fructificación.
- 6ª Principio de la maduración.
- 7ª Aproximadamente 15 días después del comienzo de la maduración.
- 8ª Aproximadamente 15 días después de la 7ª.

Durante la formación de los botones florales y en la floración no fué posible efectuar la toma de muestra. En los cuadros que se exponen más adelante se hace referencia a las muestras con la nomenclatura : 4^a-5^a, 6^a, 7^a y 8^a ó 1^a, 2^a, 3^a y 4^a, toma ó corte que corresponden a las épocas que se indicaron en el apartado 3^o del presente trabajo.

Estudio del contenido mineral de la savia.

NITROGENO

Teniendo en cuenta la nomenclatura empleada para los diferentes tratamientos, según se expone en el cuadro nº 25 y considerando N, S, U, A, B y C las medias correspondientes al ni-

trato amónico, sulfato amónico y urea en sementera, urea, nitrato amónico y nitrato de Chile en cobertera para los tres últimos, puede observarse en el cuadro nº 26 y en las gráficas 5 y 6 la variación del contenido de nitrógeno según el tratamiento y época de desarrollo.

CUADRO nº 26

Variación del contenido de N en varias épocas del ciclo de cultivo

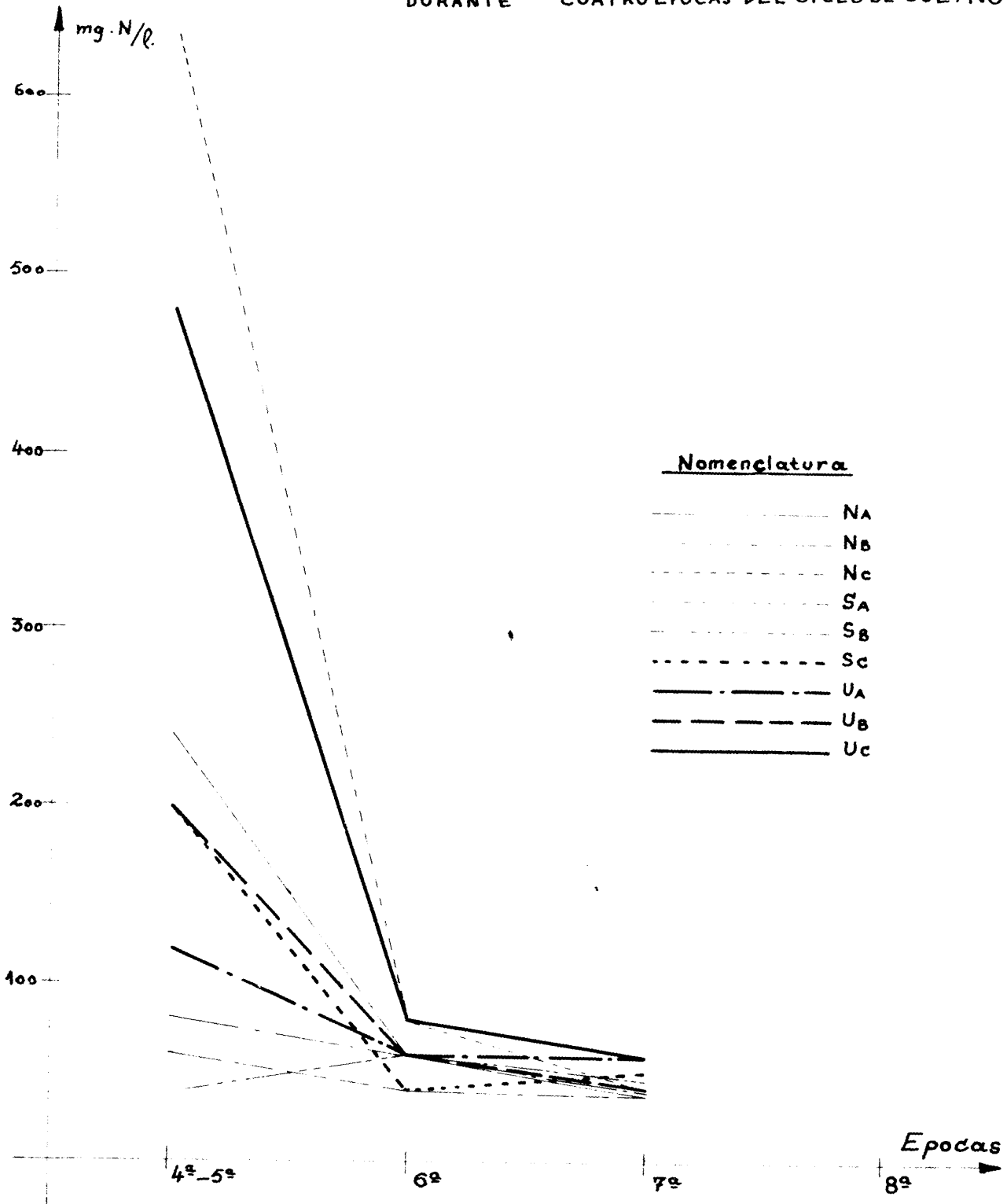
Concentraciones expresadas en mg/l.

Tratamientos	1ª toma	2ª toma	3ª toma	4ª toma
N _A	240	60	40	-
N _B	60	40	40	-
N _C	630	80	40	-
S _A	80	60	40	-
S _B	40	60	40	-
S _C	200	40	50	-
U _A	120	60	60	-
U _B	200	60	40	-
U _C	480	80	60	-
N	313	60	40	-
S	107	53	43	-
U	267	67	53	-
A	147	60	47	-
B	100	53	40	-
C	440	67	50	-

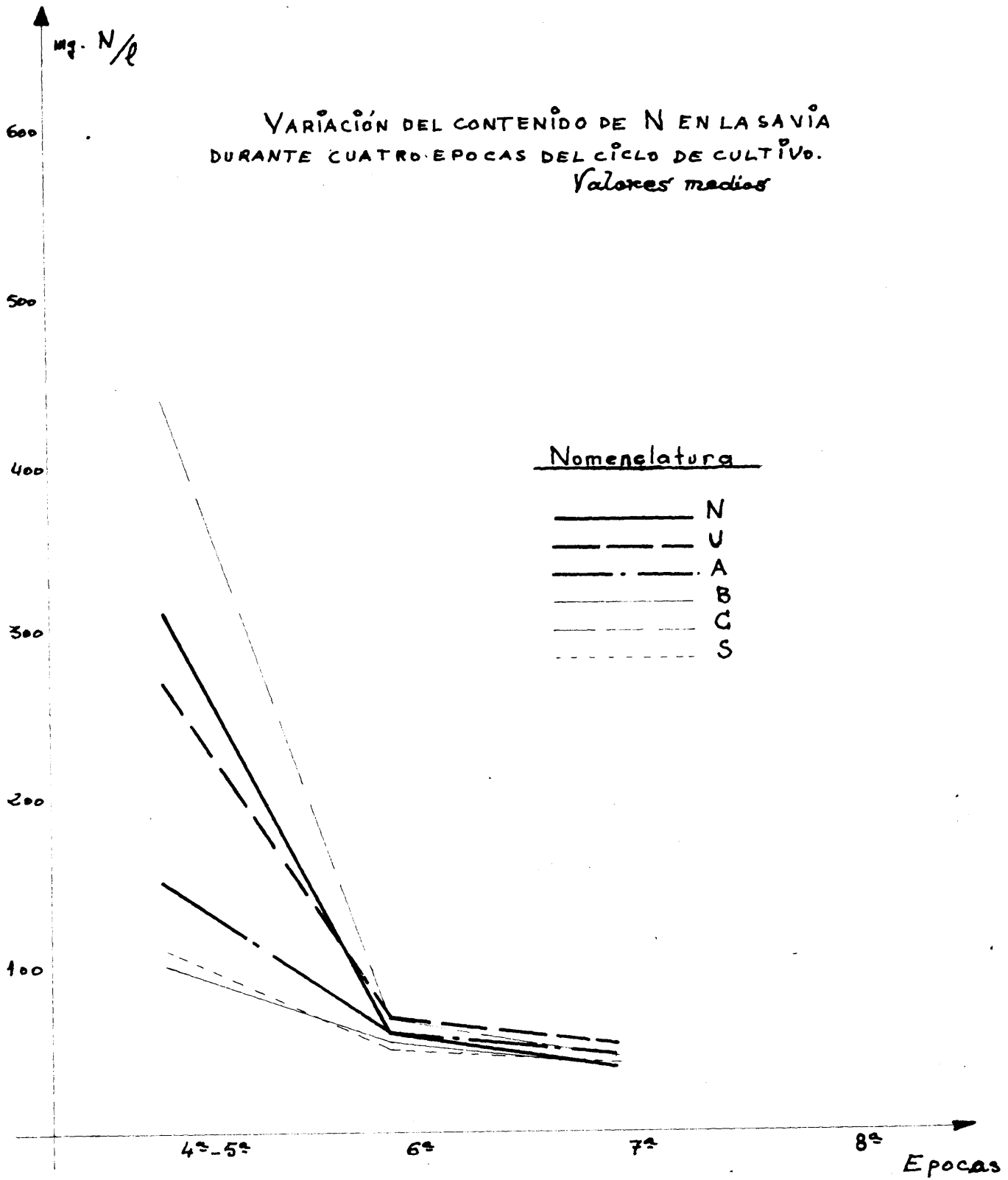
Resulta bastante claro que el nitrato de Chile se absorbe mejor en todos los casos y da los resultados más positivos en general.

./.

VARIACION DEL CONTENIDO DE N EN LA SAVIA DURANTE CUATRO EPOCAS DEL CICLO DE CULTIVO



GRAFICA 6



En general el N experimenta una caída brusca durante los tres cortes efectuados en el ciclo de cultivo, acentuándose del primero al segundo.

Este comportamiento inicial coincide prácticamente con la evolución de dicho elemento durante el desarrollo de la planta, según se ha expuesto en el apartado "Variación del contenido mineral de la savia durante el ciclo de cultivo".

En las medias generales se aprecia esta caída en todos los casos. Sin embargo considerando el caso por tratamientos, el S₃ presenta una anomalía, debida probablemente a que la combinación sulfato amónico-nitrato amónico no proporciona a la planta inicialmente una cantidad de N suficiente, en el segundo corte la planta requiere menos N y a partir de este momento las concentraciones de nitrógeno en la savia se hacen prácticamente iguales para todos los tratamientos.

Por tanto puede asegurarse que, como siempre se ha observado, la planta de tomate absorbe más N en el comienzo de la fructificación y de

aquí que en dicho momento hay que procurar mantener un nivel alto de N en el suelo.

Se comprueba que la planta absorbe el N del suelo principalmente en forma de NO_3^- , ya que en la gráfica nº 5 los tratamientos N_C y U_C sobre todo, y N_A , U_B y S_C en menor cuantía presentan en la primera toma los niveles máximos de N, es decir, las combinaciones de NO_3^- y de urea, la cual, por hidrólisis y oxidación pasa fácilmente a NO_3^- . Los N_B y U_A , es decir, $\text{NO}_3\text{NH}_4 - \text{NO}_3\text{NH}_4$ y urea-urea, así como S_A y S_B tardan más en pasar a NO_3^- , y en la primera toma presentan valores muy inferiores al grupo anterior.

Estos comportamientos se explican con más detalle en función de los datos obtenidos, a continuación.

Velocidad de nitrificación y forma en que la planta absorbe el nitrógeno (16).

La experiencia planteada consta, como ya se ha indicado, de nueve tratamientos con el mismo abonado P - K y la misma cantidad de N pero añadido en forma de NO_3Na , NO_3NH_4 , $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ó $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ con las combinaciones que se exponen

en el planteamiento experimental. Por tanto, en teoría, al disponer la planta de la misma cantidad de N debería absorberle también en la misma cantidad. Sin embargo y como puede observarse en los cuadros correspondientes, los análisis de savia de la primera toma (principio de la fructificación) nos dan valores muy distintos para cada tratamiento. La explicación está en suponer que en un principio la planta absorbe el N casi exclusivamente en forma de NO_3^- . De aquí que absorberá más N cuanto más NO_3^- tengamos en la solución nutritiva del suelo.

Por todo lo anterior, se absorberá más rápidamente el N del NO_3Na , que del resto de los fertilizantes nitrogenados empleados. Este hecho ya es bien conocido. Sin embargo entre la urea, nitrato amónico y sulfato amónico, ya depende de la velocidad de nitrificación que es distinta según suelo, clima, etc. De todas maneras conviene señalar aquí que no son óptimos fertilizantes nitrogenados los que dan resultados mejores en cuanto a su absorción por la planta pues pueden producir desequilibrios

y conducir sobre todo a plantas con medio desarrollo foliar y por ende muy sensible a plagas y enfermedades.

En la gráfica nº 6 puede observarse, en los valores medios, que la planta absorbe más N con el tratamiento C (nitrato de Chile en cobertera) que con el A (urea en cobertera) y con éste más que con el B (NO_3NH_4 en cobertera). Esto parece confirmar por una parte la explicación dada anteriormente de que la planta absorbe el mayor porcentaje de N en forma de NO_3^- y por otra parte que la urea se nitrifica rápidamente y sobre todo más rápido que el NH_4^+ . Esta por la ureasa pasa en primer lugar a $\text{CO}_3(\text{NH}_4)_2$, fácil de descomponer y por tanto de oxidar el NH_4^+ a NO_3^- . En el cuadro nº 25 puede comprobarse que la diferencia señalada en la velocidad de nitrificación se cumple en casi todos los casos.

La presencia del NO_3^- del nitrato amónico quizás dificulta el proceso de nitrificación del amonio ya que es un anión fuerte y el CO_3 del carbonato es débil.

X correspondiente al NO_3NH_4 y al $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$

./.

Para los tratamientos N, con nitrato amónico en sementera común a los tres y concretamente en el N_C (NO_3Na en cobertera) se presenta en el primer corte ó toma el valor 630 mg. N/L, en el N_A (urea en cobertera) 240 mg., en el N_B (nitrato amónico en cobertera) 60, es decir, decrecen en el orden antes mencionado.

Para los tratamientos S, con sulfato amónico en sementera, común a los tres, se cumple asimismo el orden señalado, es decir, al S_C corresponden 200 mg/l. de N, al S_A 80 y al S_B 40.

En los tratamientos U (urea en sementera) se origina una pequeña anomalía pues el máximo de absorción sigue correspondiendo al tratamiento, con NO_3Na en cobertera, es decir, U_C . Sin embargo el U_B absorbe 200 mg. de N/l. de savia y el U_A 120 mg. La diferencia no es muy grande y no nos proporciona una anomalía propiamente dicha, aunque sí una excepción.

Volviendo a la gráfica nº 6 podemos señalar que en los tratamientos N, NO_3NH_4 en sementera combinado con NO_3Na , NO_3NH_4 y urea en cobertera, la planta absorbe más nitrógeno. En

los U, urea en sementera con la combinación en cobertera de los tres compuestos antes mencionados, la planta absorbe menos N que en el caso anterior, pero más que con el tratamiento S que corresponde al sulfato amónico en sementera.

En resumen, podemos señalar en función de los datos anteriores la posibilidad de que tanto en cobertera como en sementera el orden de mayor absorción de N por la planta es : 1º nitrato sódico, 2º urea y 3º nitrato amónico y sulfato amónico. Con lo que podría demostrarse que la planta absorbe fundamentalmente el N en forma de NO_3^- y que la velocidad de nitrificación de la urea es superior al NH_4^+ del NO_3NH_4 y del $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$.

A partir del 2º corte ó sea del principio de la maduración, se han nitrificado todos los compuestos nitrogenados empleados; por tanto la planta dispone de la misma cantidad de N y en la misma forma. De aquí que todos los tratamientos se igualen prácticamente. Por otra parte la bajada general se debe a la variación de absorción de la planta durante el ciclo de cultivo. En el caso de la experiencia planteada,

tanto los suelos de los diferentes tratamientos (por ser el mismo) como las plantas contienen la misma cantidad de N, y en el suelo no se ha producido un incremento de dicho elemento al final de la experiencia. Es lógico suponer que la planta ha absorbido la totalidad del abono nitrogenado, o lo que es más lógico, que lo que no se ha absorbido se ha perdido por drenaje ó por desnitrificación a la atmósfera, y ha quedado deficiente en dicho elemento, por lo que parece ser que las dosis de N añadidas al suelo han de ser superiores ó bien que el momento del ciclo de cultivo corresponde a una absorción de nitrógeno muy pequeña. Será interesante, en una nueva experiencia, añadir una dosis elevada de N para comprobar si la planta la absorbía y se aumentaba la producción del fruto.

FOSFORO

Todos los tratamientos corresponden, según se ha expuesto anteriormente, a niveles de P_2O_5 iguales. Por tanto al comprobar que el P_2O_5 absorbido por la planta es diferente en cada caso, es lógico suponer que existe una interacción N/P ó desequilibrio que consideraremos posteriormente.

Exceptuando el valor correspondiente al tratamiento N_G , se aprecia claramente, comparando las gráficas n^os 5 y 7, que los niveles bajos de N para la época 4^a-5^a (todos excepto N_G y U_G) originan un desequilibrio entre los dos elementos considerados, que lleva como consecuencia la absorción excesiva del P_2O_5 para la 4^a-5^a a la 6^a época, es decir, desde 15 días después del principio de la fructificación hasta el principio de la maduración.

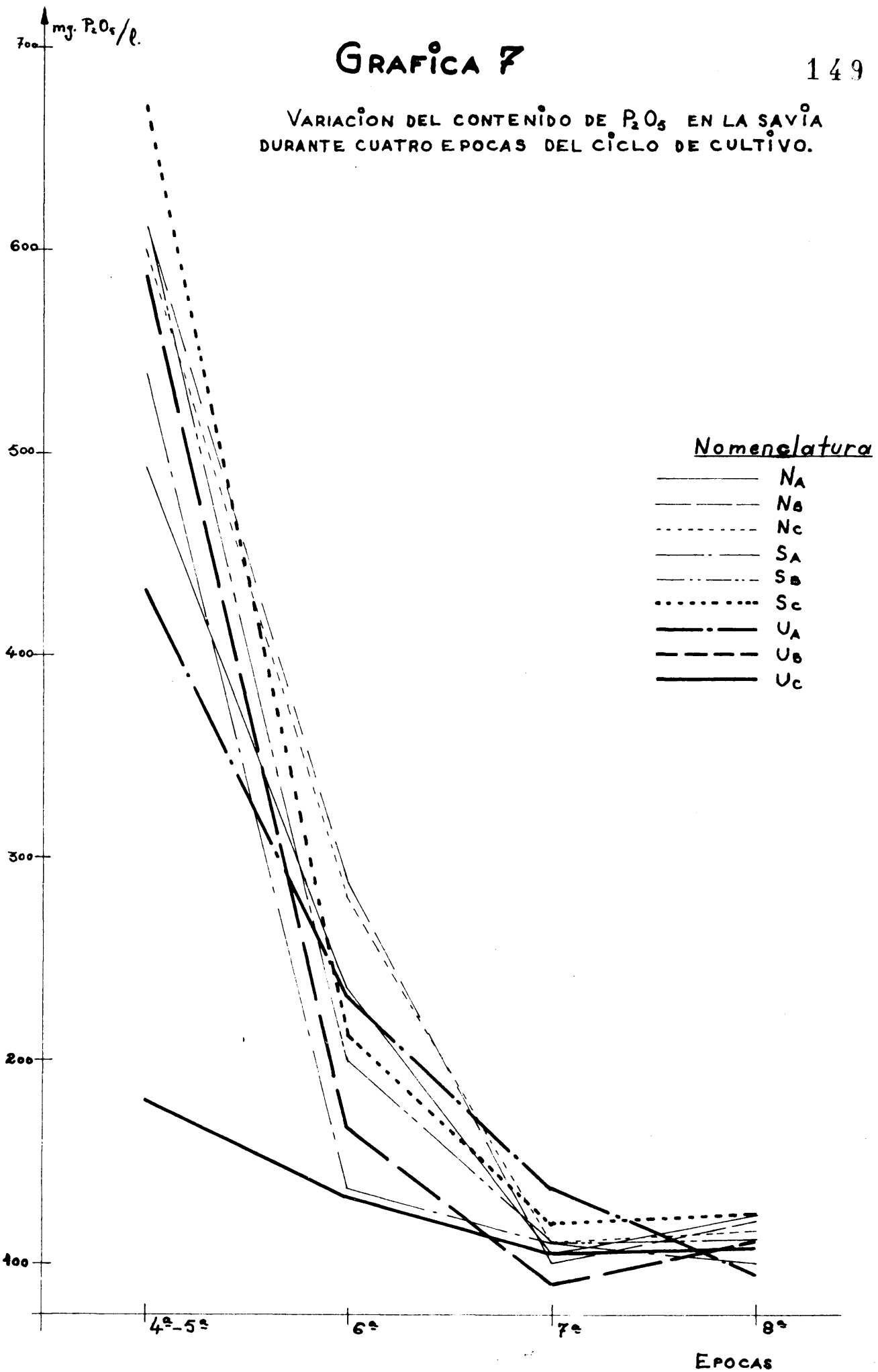
Se conoce claramente por la experiencia que el ión sodio facilita la absorción del P_2O_5 por las plantas y esto explica en gran parte las anomalías de absorción observadas.

mg. P_2O_5 /l.

GRAFICA 7

149

VARIACION DEL CONTENIDO DE P_2O_5 EN LA SAVIA DURANTE CUATRO EPOCAS DEL CICLO DE CULTIVO.



CUADRO nº 27Variación del contenido de fósforo en cuatro épocas del ciclo de cultivo.

Concentraciones expresadas en mg/l.

Tratamientos	1ª toma	2ª toma	3ª toma	4ª toma
N _A	492	236	105	124
N _B	612	288	100	120
N _C	600	280	110	116
S _A	540	136	110	100
S _B	612	200	110	112
S _C	672	212	120	124
U _A	432	232	140	96
U _B	588	168	90	124
U _C	180	132	105	108
N	568	268	105	120
S	608	183	113	112
U	400	177	112	109
A	488	201	118	107
B	604	219	119	119
C	484	208	112	116

Del cuadro nº 27 puede deducirse que to dos los tratamientos se comportan de forma se mejante con una caída muy brusca del primero al segundo corte de la misma forma que el N, excepte el tratamiento de máxima producción U_0 en el que se aprecia un nivel de P_2O_5 en el primer corte normal para esta época de desarrollo según los valores del cuadro nº 24, pe ro que requiere un estudio más detenido para poder comprobar hasta que punto es normal.

La variación durante el ciclo de cultivo del P_2O_5 en el tratamiento mencionado es la más semejante al comportamiento de las plantas de cultivo en el campo, según se indica en el apartado 4º del presente estudio.

A partir del segundo corte las diferencias entre tratamientos van siendo menores hasta igua larse prácticamente en el cuarto.

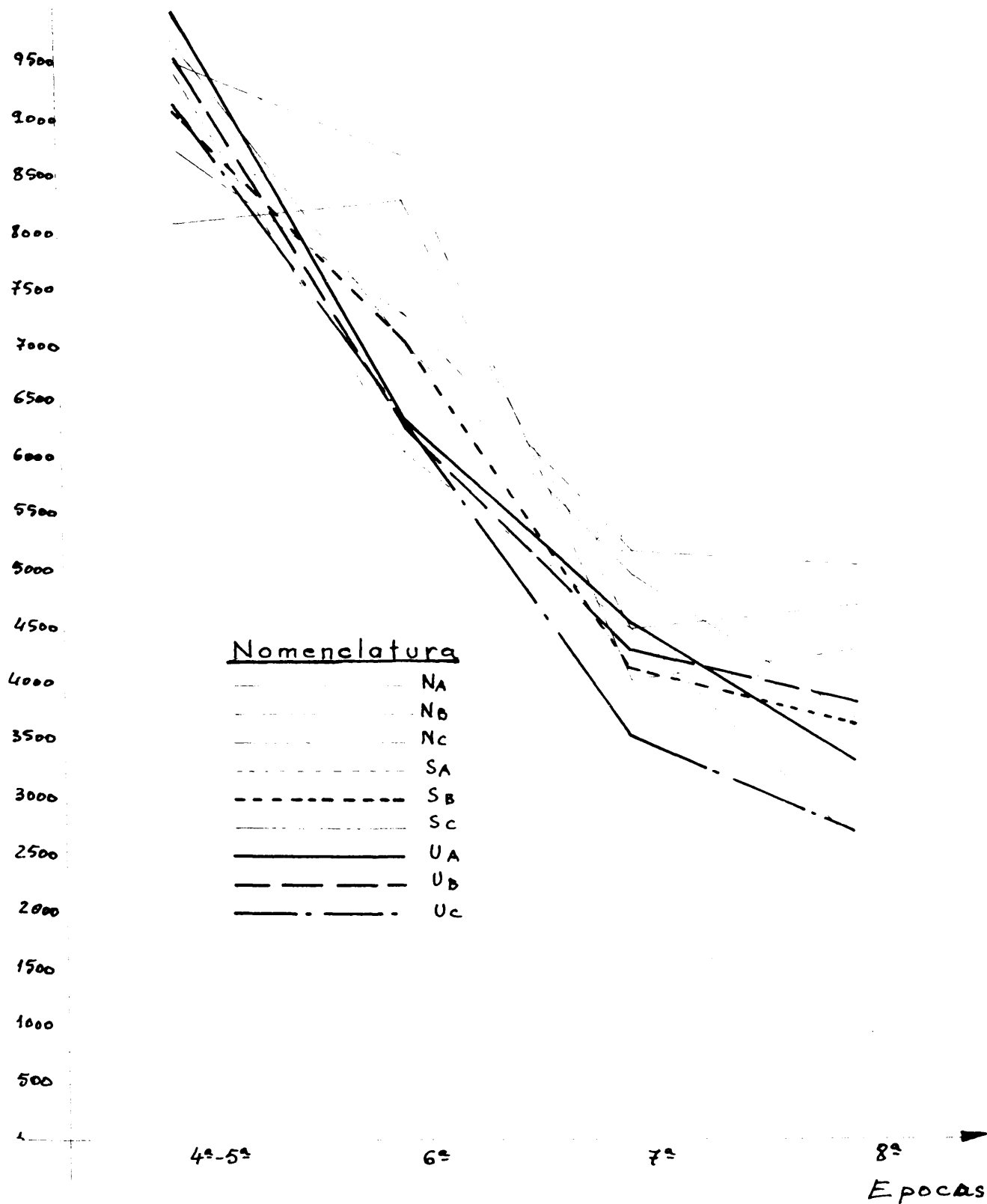
POTASIO

Este elemento se comporta de igual forma que los dos anteriores, es decir, con caída brusca durante el ciclo de cultivo. Probablemente exis te un equilibrio N - P - K, pues se aprecian las mismas tendencias para estos tres elementos fundamentales.

GRAFICA 8

▲ mg. K/e.

VARIACION DE K EN LASAVIA DURANTE CUATRO EPOCAS DEL CICLO DE CULTIVO.



CUADRO nº 28Variación del contenido de K en cuatro épocas
del ciclo de cultivo

Concentraciones expresadas en mg/l

Tratamientos:	1ª toma	2ª toma	3ª toma	4ª toma
NA	9.830	7.060	4.980	3.700
NB	8.100	8.300	4.480	4.710
NC	9.560	8.710	4.070	4.310
SA	9.430	6.060	4.480	2.620
SB	9.030	7.060	4.150	3.650
SC	8.760	7.300	5.230	5.040
UA	9.960	6.390	4.570	3.350
UB	9.560	6.310	4.320	3.850
UC	9.160	6.390	3.070	2.720
N	9.160	8.023	4.510	4.240
S	9.070	6.806	4.620	3.770
U	9.560	6.360	3.990	3.310
A	9.740	6.500	4.680	3.230
B	8.900	7.220	4.320	4.070
C	9.160	7.470	4.120	4.030

./.

De las gráficas 7 y 8 se deduce que parece existir una relación clara entre los valores de P y K en la segunda toma (principio de la maduración) para los tratamientos N_B y N_C , es decir, para las combinaciones de nitrato amónico y nitrato sódico, pues corresponden a los valores más elevados tanto en un elemento como en otro.

Estas relaciones serán consideradas más adelante.

SODIO Y CALCIO

La tendencia general de estos dos elementos en la savia es el constante aumento a lo largo del ciclo vegetativo, sobre todo para el caso del Na. Para los tratamientos con NO_3Na el nivel de Na es notablemente más elevado. En todos los casos se produce una parada en el incremento de Na entre el principio de la maduración y tercera toma que se justificará posteriormente, pero a partir de este momento la elevación de Na es más brusca.

Sin embargo, para los tratamientos con NO_3Na , sobre todo, se origina una caída muy brusca de Ca posiblemente explicada, porque a partir de este momento del ciclo vegetativo la interacción Ca/Na se hace más patente.

En los cuadros n^{os} 29 y 30 y gráficas
n^{os} 9 y 10 se exponen los resultados.

CUADRO n^o 29

Variación del contenido de Na en cuatro épocas
del ciclo de cultivo

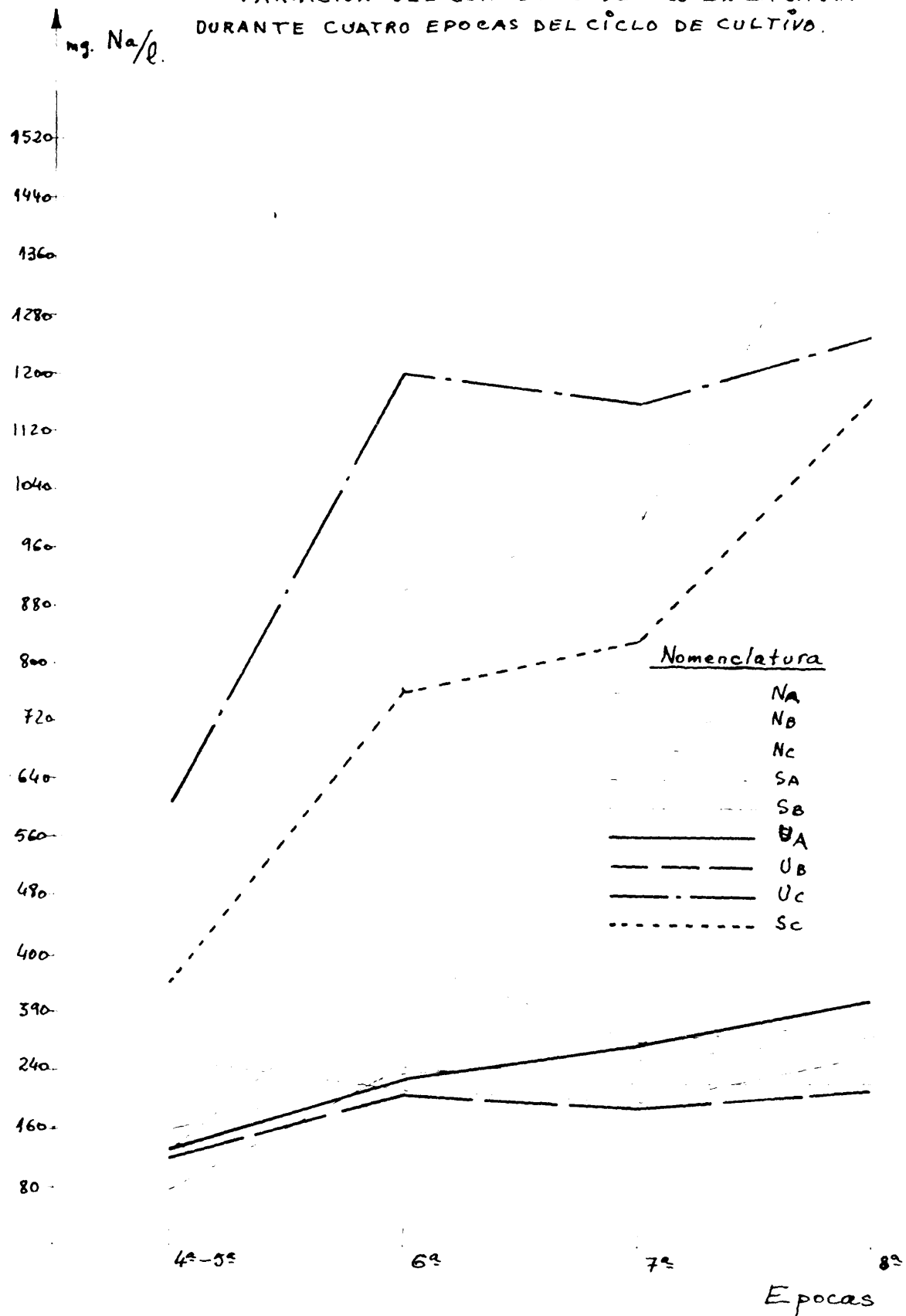
Concentraciones expresadas en mg/l

Tratamientos:	1 ^a toma	2 ^a toma	3 ^a toma	4 ^a toma
N _A	164	238	260	288
N _B	84	246	220	224
N _C	396	912	1.000	1.520
S _A	136	390	284	310
S _B	256	216	195	265
S _C	364	760	830	1.170
U _A	144	230	280	340
U _B	116	212	190	220
U _C	610	1.200	1.160	1.250
N	215	465	493	677
S	252	455	436	580
U	291	547	543	603
A	148	286	274	313
B	152	225	202	236
C	457	957	997	1.313

Nota : Respecto a la acumulación de sodio en la
planta, tan perjudicial para su desarrollo

GRAFICA 9

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE Na EN LA SAVIA DURANTE CUATRO EPOCAS DEL CICLO DE CULTIVO.



normal y sobre todo para el tamaño del fruto parece que lo mejor es el empleo de nitrato amónico-cálcico en cobertura, o bien urea en todos los tratamientos.

CUADRO nº 30

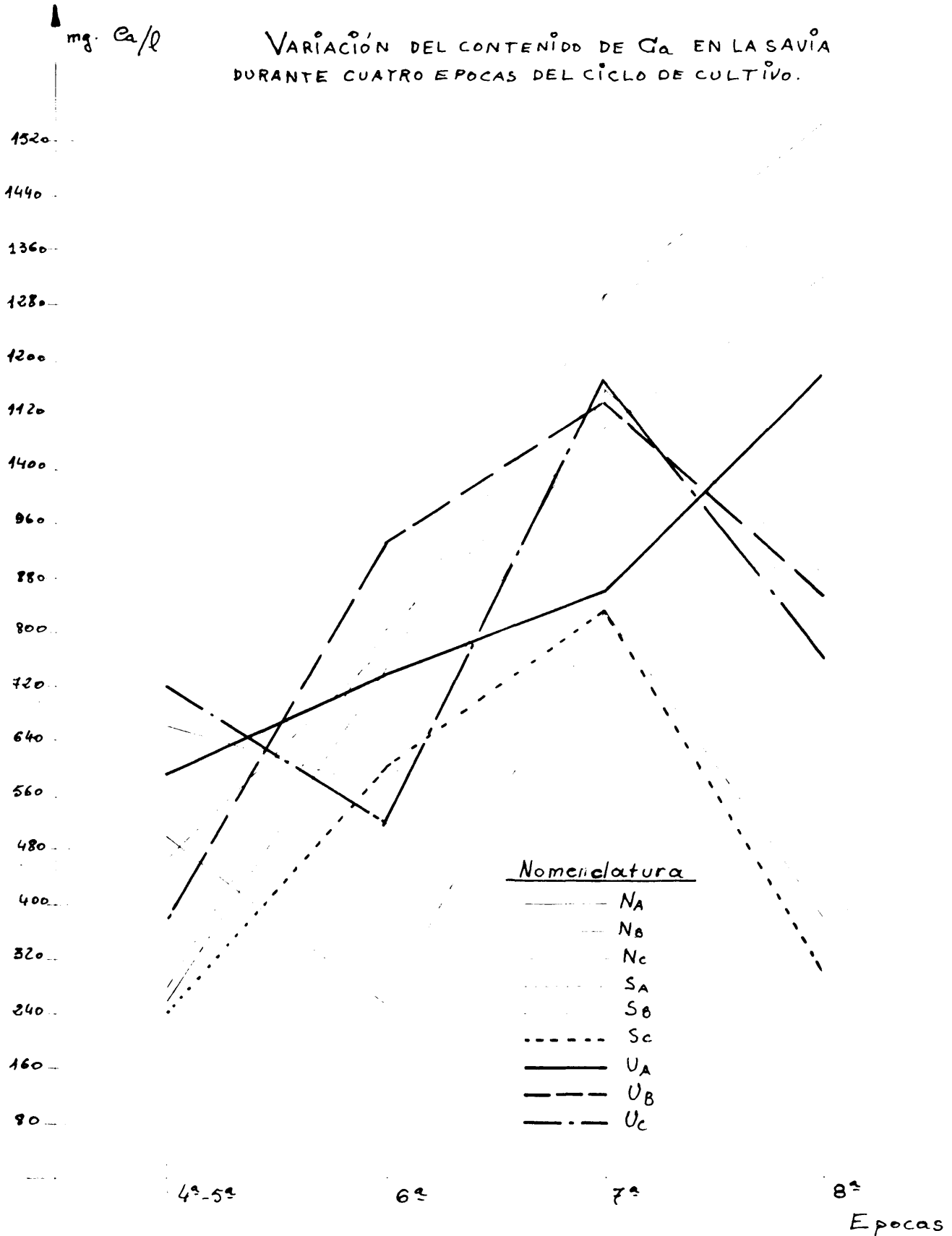
Variación del contenido de Ca en cuatro épocas del ciclo de cultivo

Concentraciones expresadas en mg/l

Tratamientos	1ª toma	2ª toma	3ª toma	4ª toma
NA	656	568	1.160	880
NB	276	800	1.100	1.320
NC	504	260	830	376
SA	470	766	1.290	1.400
SB	260	740	1.275	1.610
SC	240	600	830	300
UA	592	740	860	1.180
UB	380	930	1.140	850
UC	720	525	1.170	760
N	480	540	1.030	860
S	320	735	1.130	1.100
U	564	730	1.060	930
A	570	690	1.100	1.150
B	305	820	1.170	1.260
C	490	460	940	480

GRAFICA 10

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE Ca EN LA SAVIA DURANTE CUATRO EPOCAS DEL CICLO DE CULTIVO.



CLORO.

Para este elemento se originan una serie de oscilaciones, aunque parece ser que la tendencia general es a un aumento del primero al segundo corte que se cambia por una estabilización entre el segundo y tercero y una caída brusca entre el tercero y el cuarto.

CUADRO nº 31

Variación del contenido de Cl en cuatro épocas
del ciclo de cultivo

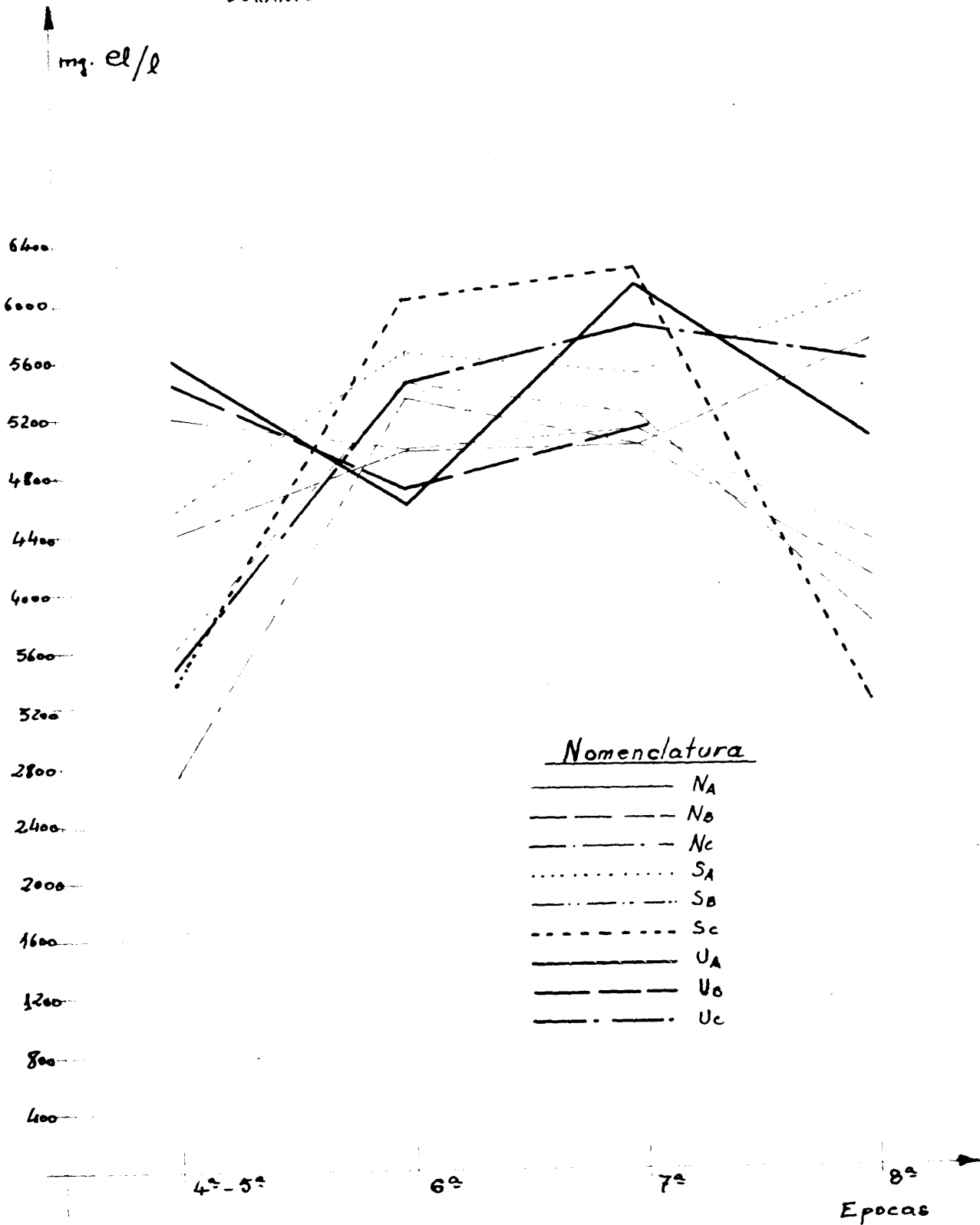
Concentraciones expresadas en ng/l

Tratamientos	1ª toma	2ª toma	3ª toma	4ª toma
NA	5.200	4.960	5.100	4.320
NB	3.600	5.440	5.200	3.760
NC	2.720	5.320	5.000	4.080
SA	4.560	5.640	5.500	6.000
SB	4.400	4.960	5.000	5.680
SC	3.360	6.000	6.200	3.200
UA	5.600	4.600	6.100	5.040
UB	5.440	4.720	5.100	-
UC	3.520	5.440	5.800	4.560
N	3.840	5.240	5.100	4.050
S	4.106	5.530	5.570	4.960
U	3.200	4.920	5.670	4.800
A	5.120	5.070	5.570	5.120
B	4.480	5.040	5.100	4.720
C	3.300	5.590	5.730	3.950

GRAFICA 11

160

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE CL. EN LA SAVIA DURANTE CUATRO EPOCAS DEL CICLO DE CULTIVO.



No parece que exista ningún tratamiento totalmente superior a los otros en cuanto a la absorción del ión Cl.

Interferencias y relaciones entre elementos.-

Las relaciones consideradas más interesantes en la experiencia de campo se tuvieron asimismo en cuenta en el presente apartado, desechándose aquellas en las que por las características de los tratamientos no nos podían proporcionar datos sobre interferencias.

Se hallaron los valores de todas las relaciones para el tratamiento U_G , de máximo rendimiento, considerándolas como idóneas para la nutrición de la planta.

N/P_2O_5

Se consideró esta relación por el desequilibrio observado en los apartados anteriores entre la absorción de N y P por la planta.

Los resultados se exponen en el cuadro nº 32.

./.

CUADRO nº 12
Relación N/P₂O₅

Cortes:	T R A T A M I E N T O S								
	N _A	S _A	U _A	N _B	S _B	U _B	N _C	S _C	U _C
1ª	0,40	0,15	0,17	0,10	0,07	0,34	1,07	0,30	2,70
2ª	0,25	0,44	0,26	0,14	0,36	0,30	0,29	0,20	0,61
3ª	0,38	0,45	0,43	0,40	0,36	0,45	0,36	0,42	0,57

Aparecen oscilaciones muy pequeñas de una toma a otra, excepto para los tratamientos N_C y U_C sobre todo este último que presenta valores en disminución constante, manifestándose una caída brusca de la 1ª a la 2ª toma.

La relación considerada no varía apreciablemente, excepto para los dos tratamientos mencionados, por ser las caídas de N y P durante la parte del ciclo de cultivo que se ha considerado, casi cuantitativamente iguales. Sin embargo, según hemos comprobado en el apartado "Variación del contenido mineral de la savia durante el ciclo de cultivo", los descensos de N y P no son cuantitativamente iguales sino que el del N es mayor, considerando claro está la variación en el contenido

mineral de plantas anormalmente desarrolladas. De aquí que la variación más normal corresponda al tratamiento U_G .

Por tanto, parece ser que esta variación se puede considerar como idónea, ya que el tratamiento U_G corresponde al máximo rendimiento. El comportamiento tan diferente entre los tratamientos con NO_3Na en cobrterera se explica por causa del abonado en sementera, ya que la urea (U_G) al hidrolizarse y pasar a $CO_3(NH_4)_2$ que es inestable, se nitrifica rápidamente. Sin embargo el $NO_3NH_4(N_B)$ tarda más en nitrificarse totalmente y menos que el $SO_4(NH_4)_2(S_G)$, según se deduce de los valores de N de la gráfica nº 4.

El desequilibrio N/P se observa en varios casos para la primera toma aunque no podamos precisarla con los datos de esta experiencia. Los niveles de N para los tratamientos con nitrato de Chile sobre todo N_c y U_c , produce una deficiente absorción de N que origina una elevación anormal de P_2O_5 . En las medias generales este hecho se confirma sobre todo para S y B, medias de los tres tratamientos con sulfato amónico en sementera y nitrato amónico en cobrterera respectivamente. En repetidas ocasiones se ha observado, en el presente estudio, el desequili-

brio considerado, de aquí que creamos interesante confirmarlo incluso cuantitativamente en trabajos posteriores.

CUADRO nº 33

Relación N/P₂O₅ - Valores medios

Cortes	T R A T A M I E N T O S					
	N	S	U	A	B	O
1ª	0,52	0,17	0,10	0,27	0,17	1,35
2ª	0,22	0,33	0,39	0,32	0,26	0,36
3ª	0,38	0,41	0,48	0,42	0,40	0,45

Los tratamientos con nitrato de Chile (O) experimentan una caída brusca entre el 1º y 2º corte. Es decir, en las medias generales se aprecian las mismas tendencias que por tratamientos independientes, ya que la caída correspondiente a U queda falseada, como tendencia general, por el valor 2,7 correspondiente a U₀ en el cuadro nº 32.

Ca/Na.-

Por el interés que tiene esta relación para la eliminación del exceso de Na en el suelo y

por haberse deducido de las gráficas 9 y 10 la posible interacción entre estos dos cationes, se consideró esta relación, exponiéndose los resultados en el cuadro nº 34.

CUADRO nº 34

Relación Ca/Na

Cortes	T R A T A M I E N T O S								
	N _A	S _A	U _A	N _B	S _B	U _B	N _C	S _C	U _C
1º	4,0	3,3	4,1	3,3	2,7	3,3	1,30	0,60	1,2
2º	2,4	2,0	3,3	3,3	4,4	3,4	0,29	0,80	0,4
3º	4,5	4,5	3,1	5,0	6,5	6,0	0,83	0,93	1,0
4º	3,0	4,5	3,4	5,8	6,1	3,9	0,24	0,35	0,6

En los tratamientos A y B no hay tendencias definitivas; sin embargo en los C (NO₃Na en cobertera) hay dos descensos : del 1º al 2º y 3º al 4º, pero del 2º al 3º se observa una subida. Estas variaciones se repiten en los tres tratamientos con NO₃Na exceptuando el dato 0,8 del tratamiento S_C. Por tanto desde el principio de la maduración hasta 15 ó 20 días después se manifiesta la interacción Ca/Na de forma tal que el incremento de la absorción

del Ca por la planta lleva consigo una disminución en el ritmo de absorción del Na.

Puede observarse perfectamente en las gráficas n^os 9 y 10 que durante las cuatro épocas consideradas, el ritmo de absorción es contrario para los dos elementos en cuestión.

Entre el 1^o y 2^o corte y el 3^o y 4^o se dá en general un descenso del valor de Ca ó al menos una disminución en la pendiente de la gráfica. Para las mismas épocas el Na experimenta variaciones contrarias acentuándose este antagonismo entre el 2^o y 3^o cortes, es decir, desde el comienzo de la maduración hasta 15 ó 20 días después. Es posible que esto sea un indicio para conocer el período ideal del ciclo de cultivo para el que la corrección de salinidad fundada en la interacción Ca/Na sea más efectiva. Esto coincide con los datos obtenidos en la corrección de la salinidad para este cultivo en la zona levantina, según se expone en el apartado correspondiente. Conviene no obstante fijar, en función de los datos del cuadro n^o 34, las relaciones para las que se ^{manifiesta} ↑ la interacción en cada época de desarrollo. Entre el 1^o y 2^o cortes se observa con mayor claridad en

las inferiores a 3,3 excepto en el caso de los tratamientos con NO_3Na en cobertura (el S_0 no cumple esta excepción).

Entre el 2º y 3º cortes se ^{manifiesta} ↑ la interacción para las relaciones menores de 4,4.

Entre el 3º y 4º sea entre los 15 y 30 días después del comienzo de la maduración, los valores de Na se elevan excesivamente y aunque, según se ha deducido de las gráficas nºs 9 y 10 se manifiesta la interacción de una forma clara, no puede fijarse un valor límite como en los dos casos anteriores.

CUADRO nº 35

Relación Ca/Na - Valores medios

Cortes	T R A T A M I E N T O S					
	N	S	U	A	B	C
1º	3,0	2,3	2,8	3,8	3,1	1,0
2º	3,0	2,4	2,4	2,5	3,7	0,5
3º	3,4	4,0	3,4	4,0	5,8	0,9
4º	3,0	3,6	2,6	3,6	4,4	0,4

En las medias generales A, B y C del cuadro nº 47, es decir, para los tratamientos con urea, nitrato amónico y nitrato de Chile en cobertura se aprecian más claramente las tendencias citadas en relación al cuadro nº 34 de tratamientos.

K/Ca

Entre otros autores Pilar Sánchez ((69) y York (81) comprueban la interacción entre estos dos cationes. Esta interacción la consideramos de interés en nuestro caso pues al hacer la corrección del exceso de Na con Ca, cabe la posibilidad de obstaculizar la absorción de K por la planta.

CUADRO nº 36

Relación K/Ca

Cortes	T R A T A M I E N T O S								
	NA	SA	UA	NB	SB	UB	NC	SC	UC
1ª	15,0	19,8	16,8	29,4	35,2	25,3	19,1	37,5	12,7
2ª	12,4	7,9	8,6	10,4	6,8	9,6	32,5	12,1	12,2
3ª	4,3	3,5	5,3	4,1	3,3	3,8	4,9	6,2	2,6
4ª	4,2	1,8	2,8	3,5	2,2	4,5	11,5	16,8	3,6

En los tratamientos A y B se observa un descenso continuo durante el ciclo estacional, pero en los que tienen NO_3Na en cobertura, del 3º al 4º cortes hay una subida general ya que por la interacción Na/Ca el alcalino-terreo disminuye notablemente y la relación K/Ca aumenta.

En los valores medios se observan las mismas tendencias. Parece observarse la interacción K/Ca excepto en los tratamientos C por las razones señaladas. Sin embargo las variaciones de la relación K/Ca también están notablemente influenciadas por las variaciones de estos dos elementos durante el ciclo de cultivo. Por lo tanto, la relación considerada no pudo estudiarse aisladamente por lo que creemos interesante realizar un trabajo sobre este tema.

Relaciones óptimas de nutrición.-

Consideramos como relaciones óptimas de nutrición las correspondientes al tratamiento U_0 que nos proporcionó el máximo rendimiento y que por otra parte presentaba un contenido mineral en la savia, semejante al considerado normal en el apartado "Variación del contenido

mineral de la savia durante el ciclo de cultivo".

Los resultados se exponen en el cuadro nº 37.

CUADRO nº 37

Relaciones de nutrición correspondientes al tratamiento U₀ (máximo rendimiento)

R E L A C I O N E S											
C	K	N	Cl	Cl	Ca	K	K	Na	Ca	Na	K
O	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	Na	Ca	Na	N	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	N
1 ^a	51,0	2,7	7,3	19,6	1,2	12,7	15,0	1,5	4,0	4,0	19,1
2 ^a	48,4	0,61	6,8	41,2	0,4	12,2	5,3	15,0	4,0	9,2	80,0
3 ^a	29,3	0,57	9,7	55,2	1,0	2,6	2,6	19,3	11,0	11,0	51,1
4 ^a	25,2	-	-	42,3	0,6	3,6	2,2	-	7,0	11,4	-

Análisis de suelos

Se tomó muestra en cada uno de los tratamientos para comprobar la influencia de aquellos sobre el contenido en elementos nutritivos del suelo. Se compararon por tanto respecto al análisis hecho antes de comenzar la experiencia, al que representamos en el en el cuadro nº 38 como tratamiento testigo.

CUADRO nº 38

Análisis de suelos

Muestra	Tratamiento	pH		Materia orgánica %	N %	C/N	mg/100 g.	
		H ₂ O	ClK				P ₂ O ₅	K ₂ O
13.595	Testigo	7,85	7,20	1,99	0,092	12,6	80	45
14.339	U _A	7,75	7,00	2,15	0,093	13,5	94	26
14.340	U _B	7,95	7,05	2,13	0,101	12,3	92	24
14.341	U _C	8,05	7,30	2,15	0,111	11,2	101	28
14.342	N _A	7,90	7,25	2,25	0,103	12,7	96	25
14.343	N _B	8,05	7,25	1,93	0,107	10,4	92	26
14.344	N _C	8,35	7,45	1,93	0,109	10,3	101	27
14.345	S _A	7,95	7,20	1,93	0,111	10,1	92	26
14.346	S _B	8,05	7,20	1,94	0,104	10,8	94	26
14.347	S _C	8,40	7,35	1,91	0,100	11,1	95	28

El nitrato amónico en cobertura y sobre todo el nitrato de Chile originan una elevación del pH del suelo por causa de la hidrólisis de las sales de calcio (del carbonato del suelo) y de sodio (del nitrato) respectivamente.

En el segundo caso se acentúa la elevación por dos razones : la primera porque como es sabido, el NO₃Na forma solución coloidal con el

suelo y produce un empeoramiento del drenaje, es decir, se lava con dificultad la NaOH producida, pero sobre todo porque el ión Na se absorbe fuertemente por los coloides del suelo, y la segunda porque además de ser la sosa una base fuerte, es mucho más soluble que el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y por tanto actúa más activamente.

La elevación del pH del suelo también se corresponde con el contenido en Na de la savia ya que al aumentar considerablemente dicho contenido para los tratamientos con NO_3Na al final de la experiencia, se produce asimismo un aumento.

La materia orgánica presenta un incremento en todos los tratamientos respecto a la muestra analizada antes de la experiencia, lo cual es lógico, pues la fuerte fertilización nitrogenada especialmente en zonas de elevado contenido en calcio, precipitación alta (en este caso riego) y fuerte temperatura, la actuación de los microorganismos del suelo permite la rápida descomposición de los restos vegetales en el mismo (raíces y otros restos presentes en el suelo). Cuando hay deficit

de nitrógeno esto facilita el empobrecimiento en materia orgánica en el suelo, cuando por el contrario el nivel de N es alto aumenta el contenido de aquella.

Dicha explicación queda confirmada aún más con los resultados ya que hacen suponer que las dosis fueron suficientes, pues a pesar de la variación del N durante el ciclo vegetativo correspondiente a la gráfica nº 5, al final de la experiencia no se manifiestan diferencias apreciables en los análisis de N en los suelos de los diversos tratamientos.

Una vez más se pone de manifiesto la relación entre los contenidos de elementos nutritivos en el suelo y en la savia.

Además la relación C/N se ha aumentado, para los tratamientos U_C y S_A (producciones máximas) y N_C , N_B y S_B , hasta los valores próximos a 10, por lo que se ha conseguido llegar a una relación C/N aceptable y son precisamente éstos para los que se da un ligero aumento de N.

El contenido de P_2O_5 y K_2O se incrementa respecto al testigo, notablemente.

Entre tratamientos como puede verse en la gráfica nº 8 no hay una diferencia de absorción de K muy considerable en las diversas épocas de desarrollo, por lo que es lógico que al final de la experiencia los valores del suelo sean iguales al haber sido también iguales las dosis de CLK añadidas.

Sin embargo, la disminución del K_2O en el suelo para todos los tratamientos nos hace ver claro que la adición de abonado potásico fue inferior al necesario.

Esto confirma lo sucedido en la experiencia ya que por error se abonó en cobrera con una cantidad de K inferior a la señalada en las dosis de abonado del cuadro nº 25.

En el contenido de P_2O_5 de la savia tampoco hay variaciones apreciables entre tratamientos al final de la experiencia (3ª y 4ª cortes) por lo que aunque al principio hubo una diferencia de absorción entre tratamientos, los contenidos de P_2O_5 en el suelo al final de la experiencia no varían prácticamente.

Parece ser por lo tanto que el N es el elemento limitante del desarrollo, pues al

producirse una diferencia de absorción de este elemento al principio de la experiencia, se origina también una diferencia de absorción de P y K por el equilibrio N - P - K que existe en la savia bruta de la planta.

Rendimientos y características del fruto y planta.-

En los cuadros nºs 39 y 40 y gráfica nº 12 pueden apreciarse los rendimientos de los diferentes tratamientos. La producción máxima corresponde al tratamiento U_C (urea y nitrato de Chile) que además se recuperó bien después de las plagas.

CUADRO nº 39

Rendimiento y características de fruto y
planta

	Rendi- miento : por planta : (gramos)	nº de tomates (por planta)	Diáme- tro (cms)	Altu- ra (cms)	Resistencia a las plagas \neq	Hojas caídas	Recupera- ción
NA	234,9	4,0	4,6	109,3	8		B
NB	178,0	4,6	3,0	102,6	8		M.B.
NC	164,0	2,0	5,5	104,0	7		M.B.
SA	264,7	4,3	4,5	104,6	9		M.
SB	240,9	3,6	4,6	102,3	7		M.B.
SC	130,0 \emptyset	2,0	4,8	108,0	8		M.B.
UA	166,0	3,3	4,1	109,6	8		M
UB	240,0	5,3	4,1	104,0	7		R
UC	302,2	4,0	5,0	104,0	4		B

\neq = Palomilla blanca y pulgón

\emptyset = Media de dos tiestos solamente. Planta
cortada en el 3º

M = Recuperación mala

R = " regular

B = " buena

M.B. = " muy buena

CUADRO nº 40Rendimientos medios

Tratamiento	Rendimiento
U	252,7
N	192,3
S	211,8
A	221,8
B	219,6
C	198,7

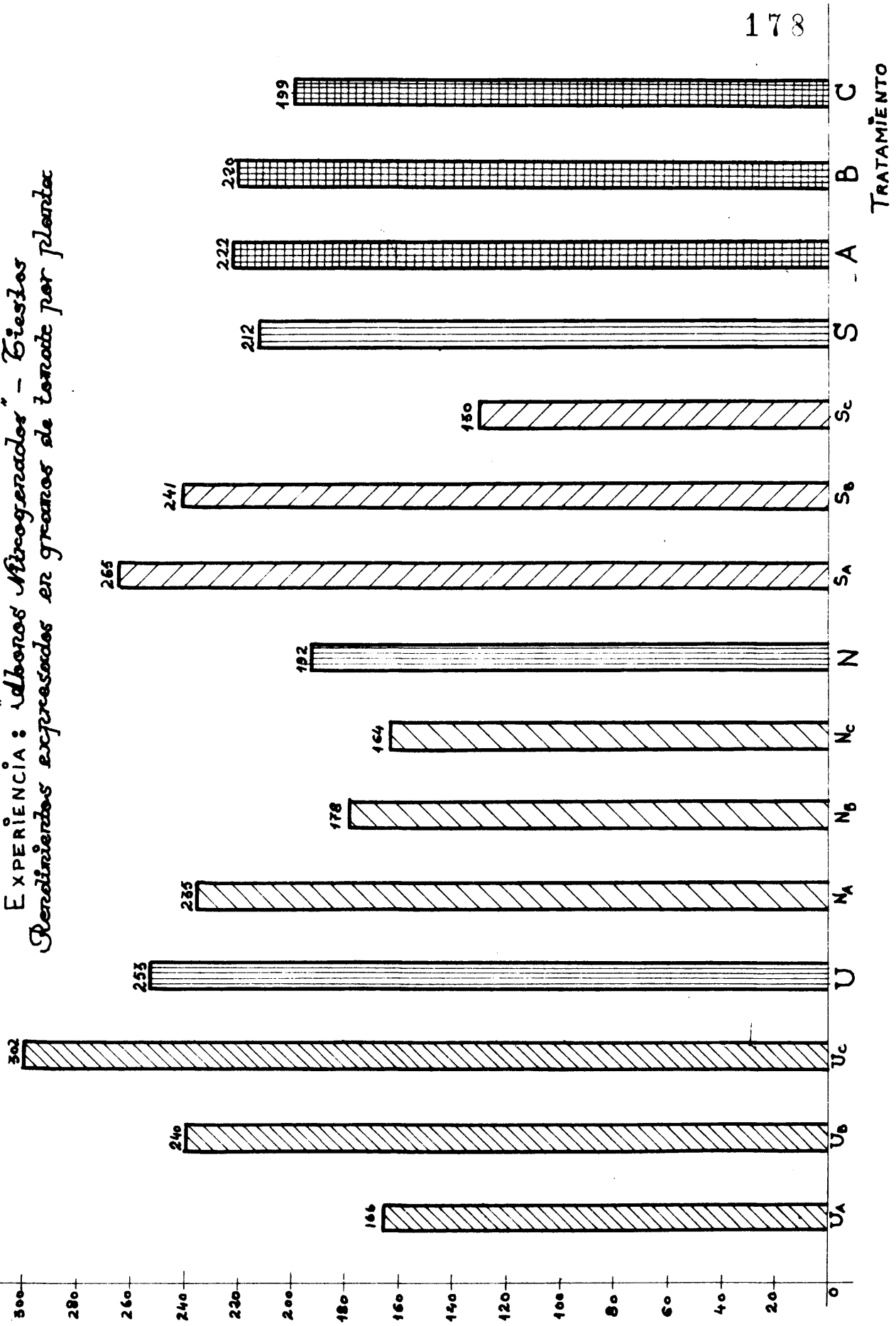
Los tratamientos N_C y S_C dan los rendimientos mínimos a pesar de que se recuperan muy bien de las plagas por la acción inmediata del nitrato de Chile.

Entre alturas de planta, tamaño medio del tomate y número de ellos, no hay diferencias claras, excepto para el tratamiento S_C que da el mínimo número de tomates por planta y el mínimo rendimiento.

A g. de tomate/planta

GRAFICA 12

EXPERIENCIA: "Alborno Microgenerador" - Bienes
Rendimientos expresados en granos de tomate por planta



En general el nitrato de Chile aplicado en cobertera proporciona una recuperación rápida de las plagas, no así la urea en cobertera, excepto para el tratamiento N_A .

En las medias generales se aprecia una notable diferencia a favor del tratamiento U e igualdad entre los correspondientes a A y B, es decir, urea y sulfato amónico respectivamente en cobertera y superiores al C (nitrato de Chile aplicado en la misma época).

RESULTADOS

- El contenido de N baja desde la fructificación, coincidiendo dicho descenso con el observado en la misma época en el apartado correspondiente al ciclo de cultivo.
- La absorción del N por la planta parece ser que se hace en forma de NO_3^- , al menos en su mayor parte, ya que la absorción del N es función de la velocidad de nitrificación de los diferentes abonos nitrogenados empleados en la presente experiencia.
- La velocidad de nitrificación parece ser mayor para la urea que para el nitrato amónico y la de éste, a su vez, mayor que la del sulfato amónico.
- Tanto el P como el K, Na y Ca presentan variaciones, en las cuatro épocas consideradas, muy semejantes a las observadas en el apartado del ciclo de cultivo, lo que hace suponer que dichas variaciones son las mismas ó muy semejantes cualquiera que sea el clima ó suelo empleado (al menos en los tres tipos de suelo considerados en el presente estudio).

- El nivel de Na en la savia se incrementa notablemente para los tratamientos con NO_3Na , lo que hace peligroso el uso de dicho abono nitrogenado para los casos en los que el agua de riego es muy salina.
- La interacción ó desequilibrio N/P nuevamente se pone de manifiesto por causa de una deficiente absorción de N en la primera toma de muestra, originándose un exceso de P_2O_5 en la savia.

Esta interacción se ha observado en varios apartados del presente estudio, aunque no ha podido determinarse exactamente la relación N/P a partir de la cual se produce dicha interacción. No obstante, hemos obtenido datos para fijar, en los casos considerados, valores óptimos muy semejantes tanto para el suelo de Alcalá como para el de Alicante. Sin embargo hay que tener en cuenta que la concentración de Na y SO_4^{m} en la savia influye en este desequilibrio.

- La interacción Ca/Na se comprueba en esta experiencia. Parece ser que la época ideal para la corrección de la salinidad está entre la fructificación y comienzo de la maduración.

Los valores límites para los que se ^{por el aumento} ↑ la interacción Ca/Na son los menores de 3,3 entre la primera y segunda tomas y menores de 4,4 entre la segunda y tercera.

- Las relaciones óptimas de nutrición, así como los valores idóneos para las cuatro épocas consideradas, se exponen en el cuadro nº 37 y corresponden al tratamiento U₀ (rendimiento máximo).
- De los análisis de suelos se deduce una relación entre los contenidos de elementos nutritivos en el suelo antes y después de la experiencia y la concentración mineral de la savia durante las épocas consideradas del período de reproducción.
- La combinación nitrogenada ideal corresponde al tratamiento U₀ (urea en sementera y nitrato de Chile en cobertera), que además de proporcionar un mejor rendimiento, permite una buena resistencia a las plagas y se recuperó bien después de los ataques de palomilla y pulgón.
- Las concentraciones de N, P, Na y Ca para el tratamiento U₀ son muy semejantes a las

obtenidas en las experiencias consideradas
en el estudio "Variación del contenido minera
ral de la savia durante el ciclo de cultivo".

62) - CORRECCIONES DE ABONADO Y SALINIDAD
=====

EN FUNCION DEL ANALISIS DE SAVIA
=====

Basándonos en los conocimientos adquiridos con la experimentación en campo e invernadero y teniendo en cuenta la evolución que tiene lugar en la concentración de elementos nutritivos de la savia durante el ciclo de cultivo, aplicamos en método de análisis de dicha materia a la corrección de abonado para compensar deficiencias surgidas en varios tomates de la región murciana de Aguilas.

La eliminación del exceso de salinidad fué otro problema que se intentó resolver basándonos asimismo en el presente método.

Variación del contenido mineral de la savia en función de los fertilizantes añadidos

Con la información obtenida en los estudios previos, antes descritos, tanto en los aspectos operatorios como en los interpretativos de los resultados analíticos obtenidos, se enfocó la posibilidad de su aplicación en la determinación de las variaciones de la fertilización en las tomateras, con arreglo a lo que sobre la marcha del cultivo fuera deduciendo de los análisis de la savia.

Para esta faceta del estudio se eligieron 45 campos de tomateras, cultivadas a escala industrial para la exportación del fruto, por dos fuertes empresas levantinas. Dichos campos estaban situados en la zona murciana de Aguilas y en la de Alicante.

En dichas regiones el abonado medio empleado en el cultivo del tomate, con las naturales variaciones debidas a la diferente fertilidad de los suelos, su grado de salinidad y la del agua de riego empleada, es el que exponemos a continuación, en el cuadro nº 41 :

CUADRO nº 41Fertilización aproximada de algunas zonas
tomateras de Alicante y Aguilas (Murcia).

Cantidades expresadas en Kg/Ha

Epoca de fertilización	Sulfato amónico	Nitramon: cal ó amonitro:	Super-fosfato	Sulfato potásico:	Estiercol:
Fertilización base ó en semembra	-		500	200 a 500	30.000 a 40.000
Fertilización al trasplante	700	-	-	-	-
Fertilización en cobertera	-	1.200 x	400 +	200 a 500	-

+ Se añade superfosfato si es necesario, fraccionando la cantidad indicada en varios riegos.

x Se añade uno u otro según las características del suelo y del agua de riego. La cantidad señalada se distribuye en varios riegos.

Los resultados analíticos de los 45 campos estudiados, se agruparon por una parte con arreglo a la época de la toma de muestra y por otra parte con el criterio del abonado suplementario aplicado en Septiembre y en Octubre, de acuerdo con lo deducido de los análisis de savia previamente realizados.

A continuación discutiremos los resultados presentados en dicha agrupación, respecto a cada uno de los elementos estudiados, señalando en cada caso las dosis aplicadas del abonado correspondiente y discutiendo las respuestas encontradas en la composición de la savia.

No se pudo controlar la exactitud en la aplicación a los diferentes campos de la fertilización recomendada por lo que alguna excepción que se dá en los resultados podría deberse a un error en dicha aplicación.

Respuesta a las variaciones del abonado nitrogenado.

En lo que respecta a la fertilización nitrogenada de Septiembre, en un grupo de suelos se cambió la fórmula habitual de 200 Kg/Ha y riego

de sulfato amónico, ya que principalmente a causa de la salinidad, el sulfato amónico no se nitrifica fácilmente, por lo que el nitrogeno se añadió en forma de amonitro y nitrato de calcio, que son más fácilmente absorbidos por la planta. En el abonado de Octubre, incluso se acentuó algo la fertilización nitrogenada, también en forma de amonitro y nitrato cálcico (50 Kg/Ha y riego de nitrato cálcico más que durante el mes anterior) por las razones ya señaladas, unido a la disminución de la acción nitrificante al descender la temperatura.

En el cuadro nº 42 se presentan las variaciones del contenido en nitrógeno de la savia en función de las variaciones señaladas en el abonado.

CUADRO nº 42Concentración de N en la savia expresada en mg/l

Epoca de toma de muestra	Sin variación en Sept. ni en Oct. (valores normales)	Sin variación en Sept. y en Oct.	Variación en Sept. y no en Oct.	Variación en Sept. y en Oct.
Septiembre	351	320	164	255
Octubre	475	222	406	420
Noviembre	453	374	398	370

Los valores en la primera columna corresponden a los que pudieramos considerar como plantaciones normales, con el abonado convenientemente aplicado en forma de sulfato amónico y presentan una fuerte subida en el contenido de nitrógeno en Octubre y una ligera disminución en Noviembre.

En la segunda columna se presentan los valores medios en las tomateras a las que se aplicó la variación antes señalada del abonado nitrogenado en Octubre, pero no en Septiembre. Aparentemente se trataba de plantaciones que en Septiembre presentaban un aspecto normal, pero X no hubo necesidad de variar el abonado.

que al hacer el análisis de savia al mes siguiente mostró una fuerte disminución del contenido en nitrógeno, en lugar de la elevación normal en dicha época. Al variar la fertilización nitrogenada y volver a analizar la savia se halló una recuperación general en todas las tomateras de este grupo, aunque sin llegar al valor normal.

En la tercera columna se presentan valores medios de las tomateras que al contener niveles muy bajos de nitrógeno en la savia en Septiembre, se las varió el abonado nitrogenado, presentando ya valores normales en Octubre, por lo que entonces se volvió ya a la fertilización ordinaria.

Finalmente, en la cuarta columna se presentan los valores medios de nitrógeno en savia en aquellas tomateras en las que el análisis señaló conveniencia de alterar el abonado nitrogenado y en las que, pese a que se alcanzaron niveles de nitrógeno bastantes satisfactorios, dado el nivel de salinidad, se creyó necesario mantener la variación, lo que se confirmó porque pese a todo experimentó un descenso en nitrógeno superior a la variación correspondiente al ciclo de cultivo.

Respuesta al abonado fosfatado.

En los casos en que se juzgó necesario, a la vista de los resultados del análisis de savia, se intensificó el abonado fosfatado en 50 Kg/Ha y riego. La respuesta de las plantas de tomate a este abonado suplementario puede observarse en el cuadro nº 43.

CUADRO nº 43

Concentración de P_2O_5 en la savia expresada en
mg/l

Epoca de toma de muestra	Sin aumento de abono en Sept. ni en Oct, (valores normales)	Sin aumento de abonado en Sept. y sí en Oct.	Aumento de abono en Sept. y Oct.	Aumento de abono en Sept. y Oct.
Septiembre	169	149	100	113
Octubre	149	100	150	100
Noviembre	81	77	79	76

El conjunto de muestras en que no se intensificó el abonado fosfatado, ni en Septiembre ni en Octubre (primera columna del cuadro), nos marca

la tendencia en las tomateras normales a disminuir ligeramente su riqueza de fósforo en la savia, de Septiembre a Octubre, y en forma acusada de Octubre a Noviembre.

El segundo grupo lo constituyen las tomateras que el análisis de savia indicó tenían un nivel de fósforo adecuado y que al no intensificar el abonado experimentaron en Septiembre un descenso superior al normal. Por ello se aumentó entonces el abonado fosfatado, haciendo que en Noviembre se alcanzaran los valores normales para dicha época.

En el tercer grupo las tomateras presentaban en Septiembre valores francamente bajos, por lo que se aumentó el abonado, con el resultado de que no solamente no experimentaron la ligera disminución estacional propia de Octubre, sino que aumentaron en 50 mg/l. Se abandonó la intensificación del abonado y las plantas se comportaron ya normalmente.

El cuarto grupo corresponde a plantas que presentando en Septiembre valores bajos de fósforo no respondieron del todo al aumento de la fertilización fosfatada (posiblemente debido a la fuerte

salinidad), por lo que se mantuvo dicho aumento, alcanzando en Noviembre los valores normales de dicha época.

Respuesta al abonado potásico

La variación del abonado potásico para estudiar la respuesta a dicho elemento fué de 50 Kg/Ha y riego, tanto en Octubre como en Septiembre, en los casos en que fué conveniente.

La respuesta puede observarse en el cuadro nº 44.

CUADRO nº 44

Concentración de K en la savia expresada en mg/l

Epoca de toma de muestra	Sin aumento de abonado ni en Sept. ni en Oct. (valores normales)	Sin aumento de abonado en Sept. y sí en Oct.	Aumento de abonado en Sept. y no en Octubre.
Septiembre	4.773	5.065	3.917
Octubre	4.668	3.737	4.534
Noviembre	3.301	3.193	2.344

El comportamiento de las plantaciones normales (primera columna), señala una ligera disminución del nivel de K en la savia de Septiembre a Octubre y muy acusada de Octubre a Noviembre.

En el segundo grupo, las tomateras presentaban en Septiembre valores incluso superiores a lo normal pero al no intensificar el abonado experimentó un descenso brusco, que se continuó hasta alcanzar los valores normales de Noviembre, al aumentar el abonado el mes anterior.

En la tercera columna los datos de las tomateras indican un bajo nivel de K en la savia, en Septiembre. Por ello se reforzó el abonado potásico, consiguiéndose una elevación del nivel de K en la savia, en lugar de la disminución estacional normal. Al abandonar la intensificación del abonado, se produce en Noviembre una caída brusca por debajo de los valores normales en dicho mes.

No se ha presentado ninguna plantación que cumpliera las condiciones precisas para el estudio del cuarto grupo, como en el N y el P_2O_5 .

Respuesta al tratamiento para la corrección de la salinidad.- Eliminación del exceso de sodio (4)

Para la corrección de la salinidad se añadieron al suelo 100 Kg de yeso/Ha y ^{de una cantidad de} sulfato de hierro para la formación de aglomerados y para favorecer el drenaje, ya que la causa fundamental de la elevación de salinidad se debe a un mal drenaje del agua de riego salina.

El efecto de estos tratamientos sobre el contenido de la savia en Na se aprecia en el cuadro nº 45.

CUADRO nº 45

Concentración de Na en la savia expresada en mg/l

Epoca de toma de muestra	No tratados		Tratados	
	ni en Sept. ni en Oct. (valores normales)	en Sept. y sí en Oct.	en Sept. y no en Oct.	en Sept. y en Oct.
Septiembre	558	784	1.765	1.403
Octubre	644	1.024	630	1.259
Noviembre	732	1.054	920	1.290

El primer grupo, que como siempre muestra los valores correspondientes a las tomateras consideradas como normales, que no han necesitado tratamiento correctivo, ni en Septiembre ni en Octubre, muestran el aumento paulatino del contenido en Na al progresar el cultivo.

Las muestras del segundo grupo, que en Septiembre presentaban valores no muy elevados, no fueron tratadas entonces, alcanzando en Octubre niveles francamente elevados, por lo que recibieron entonces el tratamiento anteriormente expuesto, estabilizándose en Noviembre el nivel de Na en la savia, prueba de la eficacia del tratamiento.

Las tomateras del tercer grupo que presentaban inicialmente unos valores excesivamente elevados fueron tratadas, disminuyendo en Octubre su contenido en Na a valores normales. No se repitió el tratamiento y nuevamente se elevó el contenido en Na por encima de lo normal en Noviembre, pero muy por debajo todavía del presentado en Septiembre.

Finalmente, las plantas de los campos reunidos en el cuarto grupo presentaban también

valores altos de Na en Septiembre. El tratamiento resultó menos eficaz que en el grupo tercero, pero se consiguió disminuir el nivel de Na en la savia. Se repitió entonces el tratamiento, con lo que se logró estabilizar, prácticamente, el nivel alcanzado el mes anterior.

La corrección más efectiva del exceso de sodio coincide con las observaciones que sobre la relación Ca/Na se ha hecho en la experiencia de abonos nitrogenados-savia en invernadero, ya que en Septiembre tiene lugar el comienzo de la maduración y es cuando, según se dijo, es más eficaz la corrección.

No obstante, parece ser que las dosis de SO_4Ca a emplear han de ser mayores, pues en general, aunque se han conseguido resultados positivos, no se ha llegado a rebajar el nivel de Na a las concentraciones normales para cada época del ciclo de cultivo.

La influencia de los Cl^- no se ha estudiado por corresponder parte del contenido de dicho anión en la savia al K ya que se abonó con ClK .

RESULTADOS

- La variación que se hizo en el comienzo de la maduración de la clase de fertilizantes nitrogenados (amonitro ó nitrato cálcico en lugar de sulfato amónico), elevó el contenido de nitrógeno en la savia hasta un valor normal para dicha época.
- Aproximadamente 15 días después del comienzo de la maduración, además de cambiarse la fertilización nitrogenada, para suelos, cuyas plantas estaban deficientes en nitrógeno durante esta época, se elevó en 50 Kg/Ha, es decir, en cada riego se añadió en total 250 Kg/Ha de fertilizantes nitrogenados, y la elevación del contenido de dicho elemento en la savia fué significativa pero no suficiente para llegar al valor considerado como normal, por lo que se debía haber elevado la fertilización en mayor cantidad de lo que se hizo.
- Cuando la concentración de P_2O_5 en la savia era inferior a la normal, se intensificó la fertilización en 50 Kg/Ha de superfosfato con resultados positivos, de Septiembre a Octubre

para algunas muestras, a pesar de lo cual en otras no fué suficiente la dosis citada, posiblemente debido a la fuerte salinidad de los suelos estudiados. Las correcciones hechas en Octubre llevaron a valores normales de P_2O_5 en Noviembre.

- En el caso de la segunda columna de los cuadros n^{os} 42 y 43 puede observarse que si la corrección de abonado no se lleva a cabo puede darse el caso de un notable descenso de N ó P en la savia, y por lo tanto, presentarse en la deficiencia.
- El potasio también correspondió favorablemente a la corrección de abonado que consistía en un aumento de 50 Kg(Ha de sulfato potásico, elevándose con esta cantidad el potasio de la savia hasta los valores considerados como normales.
- Comprobada la interacción de Na/Ca en anteriores experiencias, se empleó para eliminación del exceso de salinidad, yeso y además sulfato de hierro para la formación de aglomerados y así favorecer el drenaje.

Se añadieron al suelo 100 Kg/Ha de yeso y otros tantos de sulfato de hierro, y aunque se eliminó en parte el exceso considerado, las dosis antes citadas no fueron suficientes más que en el caso de los suelos tratados en Septiembre y no en Octubre, por lo que sería interesante llevar a cabo una experiencia para fijar las dosis más convenientes de yeso y sulfato de hierro en la corrección de la salinidad.

A continuación se exponen las conclusiones
más importantes que se deducen en este tra-
bajo.

C O N C L U S I O N E S
=====

- El contenido mineral de la savia varía según la parte de la planta analizada. De aquí que siempre convendrá analizar la misma parte con el fin de que los resultados sean comparativos.
- Los valores extremos (mínimos y máximos) de elementos en savia se dan en las hojas más jóvenes, en las viejas y en las raíces. En los cuadros correspondientes se indican los valores obtenidos para las seis partes de la planta que han sido analizadas.
- La planta absorbe de la solución del suelo más potasio que ningún otro elemento. A este le sigue en concentración el Cl, a continuación el N y el Ca por este orden. El contenido de sodio en la savia varía según los casos y por fin la mínima absorción corresponde al fósforo.
- Se eligieron como muestra las hojas jóvenes completamente desarrolladas que además de dar una idea del estado de nutrición de la planta según se observa en las experiencias del presente estudio, están poco influenciadas por el proceso metabólico. Además de esta forma podemos tomar hojas de la misma edad en diferentes plantas.

- El error total experimental, es decir, el correspondiente a la toma de muestra, extracción y análisis, es de 4,2 % para el N; 12,9 % para el P_2O_5 ; 8,8 % para el K; 15 % para el Na; 13,6 % para el Ca y 17,8 % para el Cl.

Por tanto sólo se interpretarán las diferencias superiores a dichos porcentajes.

- El contenido de calcio en la savia presenta variaciones apreciables entre las 8 de la mañana y 8 de la noche. Sin embargo las concentraciones de los 6 elementos estudiados se mantienen prácticamente constantes entre las 11h y 12h30m tanto para la experiencia de tiestos como para la del campo experimental considerado.
- Los peciolos se helaron previamente antes de la extracción de la savia a $-10^{\circ}C$. para conseguir mayor cantidad de dicha materia y sólomente una pequeña concentración de materia orgánica disuelta.

Para la extracción de la savia se prensaron los peciolos a una presión de 1 Kg/cm².

- No es necesario eliminar la materia orgánica que queda disuelta en la savia antes de analizarla, ya que aquella no interfiere en los métodos empleados. Si bien es conveniente analizar los elementos en el tiempo fijado en el texto ó eliminar la fracción de materia orgánica coloreada con C activo.

- Para proceder al análisis de la savia que contiene algo de materia orgánica disuelta, sin emplear C activo y resinas cambiadoras para su eliminación, conviene hallar el contenido de K después de las cinco horas siguientes a la extracción, el N y P_2O_5 durante las 22 horas después de dicho proceso y para el Na, Ca y Cl puede demorarse el análisis hasta cuatro días.

- El análisis total de la savia de tomates nos indica que la planta absorbe la misma cantidad de miliequivalentes de cationes que de aniones.

- El N evoluciona a lo largo del ciclo de cultivo de forma que presenta un máximo durante la formación de los botones florales y en la floración, y un descenso muy acusado hasta después de la maduración.

- El P al menos desde el comienzo de la maduración experimenta un descenso constante, comportándose de forma semejante al nitrógeno. Los datos correspondientes a las épocas del ciclo vegetativo están enmascarados por haberse producido el desequilibrio N/P; por tanto la variación del contenido de P en la savia durante esta parte del ciclo de cultivo será objeto de un trabajo posterior.
- El K se mantiene prácticamente constante ó sube ligeramente hasta el comienzo de la maduración, y a continuación experimenta un descenso muy brusco.
- El Ca presenta subidas y descensos constantemente y durante todo el ciclo, aunque parece ser que la tendencia media es la de un aumento constante.
- Los elementos Cl y Na experimentan un ascenso constante durante todo el ciclo, cuando las aguas de riego son salinas (caso de la región levantina española).

Cuando se emplea una fertilización con ClK y NO_3Na , el Cl y el Na ascienden asimismo constantemente.

Si tanto el fertilizante como el agua de riego y el suelo no contienen Na (caso de la experiencia de "La Poveda"), dicho catión no presenta variaciones dignas de tener en cuenta.

- La absorción del N por la planta parece ser que se hace fundamentalmente en forma de NO_3^- , ya que esta absorción se hace en función de la velocidad de nitrificación de los diferentes fertilizantes nitrogenados empleados en la experiencia "Abonos nitrogenados - Savia".
- La velocidad de nitrificación parece ser mayor para la urea que para el nitrato amónico y la de éste a su vez, mayor que la del sulfato amónico.
- El nivel de sodio en la savia se incrementa notablemente para los tratamientos con nitrato de Chile, lo que hace peligroso el uso de dicho fertilizante nitrogenado para los casos en los que el agua de riego es salina.

- El desequilibrio N/P, se pone de manifiesto por causa de una deficiente absorción de N que lleva consigo el paso desde la solución del suelo a la savia de un exceso de P_2O_5 . Asimismo en el estudio del ciclo de cultivo se observó el mismo desequilibrio, pero causado por condiciones opuestas, es decir, una deficiente absorción de fósforo por un "consumo de lujo" de N.

Sin embargo sería conveniente llevar a cabo una experiencia para fijar en lo posible los valores de N y P a partir de los cuales se manifiesta dicho desequilibrio.

- La interacción Ca/Na se comprueba en la experiencia "Abonos nitrogenados - savia", aunque sería interesante fijar como en el caso anterior los niveles de uno y otro elemento que ponen de manifiesto dicha interacción mediante experiencias de campo e invernadero.

Basándonos en ella, parece deducirse que la época ideal para la corrección de salinidad (eliminación del exceso de sodio) está entre la fructificación y comienzo de la maduración.

- La relación óptima de nutrición se expone en los cuadros n^os 32 al 36 y 37 de la experiencia "Abonados nitrogenados - savia".
- La combinación nitrogenada ideal correspondió en la experiencia antes mencionada al tratamiento U₀ (Urea en sementera y nitrato de Chile en cobertera) que además de proporcionarnos un mejor rendimiento permite una buena resistencia a las plagas.
- Tanto las correcciones de fertilización realizadas con el fin de eliminar las deficiencias de N, P y K en la planta de tomate, como las llevadas a cabo con yeso y sulfato de hierro, para suprimir el exceso de salinidad, tuvieron un efecto positivo en general, aún con algunas excepciones, en la región levantina española. Sin embargo pudo observarse que las dosis de 100 Kg/Ha de yeso y otras tantas de sulfato de hierro fueron insuficientes para la eliminación total del mencionado exceso de salinidad. Asimismo el incremento del fertilizante nitrogenado de 200 Kg/Ha y riego a 250 Kg/Ha y riego tampoco fué suficiente para elevar el N a su contenido normal en la planta. Por tanto mediante el análisis de savia pudo

controlarse el estado de nutrición de las tomatas y comprobar así que la corrección de fertilización llevada a cabo, basada en dicho análisis, cuyos efectos positivos se advirtieron a simple vista, se reflejaba claramente en el contenido mineral de la savia.

R E S U M E N
=====

El fin primordial que se pretendió conseguir con este trabajo, fué la puesta en marcha de un procedimiento de análisis de la savia ó jugo extraído de los peciolos de tomateras, para aplicar lo a la interpretación de las necesidades en fertilizantes en algunos suelos, y para el ^{control del} cultivo de tomate.

Se eligió el tomate por considerarle de gran importancia en la actualidad, por su exportación a diversos países de Europa. Las cantidades que se pueden obtener de este fruto experimentan un aumento muy considerable con una fertilización racional, pues mediante ésta puede llegarse a 80.000 y 100.000 Kg/Ha de rendimiento, siendo varios miles las hectareas que se dedican a este tipo de cultivo en la región levantina española y concretamente en las localidades de Alicante y Aguilas (Murcia) donde se hizo parte del presente estudio.

Se fijó en primer lugar la parte de la planta más adecuada para ser considerada como muestra, tomándose como tal las hojas jóvenes completamente desarrolladas.

Antes de proceder a la extracción de la savia, se helaron los pecioloos a -10°C y a continuación se prensaron empleando 1 Kg/cm^2 de presión.

Para eliminar totalmente la sustancia orgánica disuelta en el extracto se utilizó C activo y resinas cambiadoras catiónicas y aniónicas.

Mediante el análisis de savia pudo observarse que la planta absorbe los elementos de la solución del suelo en cantidades decrecientes según el siguiente orden: K^+ , Cl^- , NO_3^- , Ca^{++} y $\text{PO}_4^{=}$. Además en cantidades variables Mg^{++} , Na^+ , $\text{SO}_4^{=}$ y algo de NH_4^+ . Parece existir una equivalencia entre los cationes y aniones absorbidos por la planta.

Después de adaptar a nuestro caso los métodos analíticos más adecuados, se estudió la variación del contenido mineral de la savia durante el ciclo de cultivo para plantas de tomates normalmente nutridas, y después se procedió a la aplicación del método para la fertilización racional de los cultivos de tomates.

Se realizaron dos experiencias, una a escala de invernadero para determinar la nutrición

nitrogenada idónea de las tomateras y otra en el campo para comprobar si era posible emplear el método de análisis de savia para una recomendación de abonado.

En la experiencia de invernadero pudo observarse que el N se absorbió, fundamentalmente en forma de NO_3^- y se determinó la velocidad de nitrificación relativa de los siguientes fertilizantes nitrogenados : urea, nitrato amónico y sulfato amónico, resultando una velocidad decreciente en el orden expuesto.

Además durante la experiencia se produjeron interacciones Ca/Na y posiblemente Ca/K y N/P que serán objeto de un estudio más detallado en posteriores trabajos. De esta forma se iniciaron varias líneas de investigación que ampliarán y detallarán algunas partes del presente estudio.

La combinación nitrogenada que nos dió un máximo rendimiento, fué la correspondiente al tratamiento U_C (urea en sementera y nitrato de Chile en cobrtera) y por tanto, a dicho tratamiento también le correspondió las relaciones óptimas de nutrición. Este resultado se puede

aplicar de momento sólomente al tipo de suelo considerado en la experiencia y cuando el agua de riego no sea salina (por el empleo de nitrato de Chile).

Las correcciones de fertilización realizadas con el fin de eliminar el exceso de salinidad y las deficiencias de N, P y K en algunos suelos de la región levantina, tuvieron un efecto positivo y este se reflejó en el análisis de savia. Sin embargo, en función de los resultados, pudo observarse en algunos casos que las dosis no fueron suficientes para llevar a la planta de tomate a un estado de nutrición normal. Por lo tan to en posteriores experiencias se elevarán estas dosis para determinar las necesidades de alimentación de la planta, en cada época del ciclo de cultivo lo más exactamente posible.

x


BIBLIOGRAFIA

- (1) - Abd El Rahman, A.A.- Preliminary observations on the effect of light intensity and photoperiod on transpiration and growth of young tomato plants under controlled conditions. Inst. for Land and Water Management Research.- Wageningen.
- (2) - Albareda J.M. y Hoyos de Castro A.- 1948. Edafología.
- (3) - Anne, P.- 1945.- Agr. Serie nueva XV, 161.
- (4) - Bear F.C. and Toth S.J.- 1948.- Influence of calcium on availability of other soil cations.- Soil Sci. 65. 69-74.
- (5) - Bermejo M.F.- 1958.- Análisis cuantitativo.
- (6) - Blanchet R.- 1956.- Algunos aspectos de la absorción de elementos fertilizantes y su utilización en el crecimiento de las plantas. VI Congreso Sci. Soil. Paris.- Vol. D.P. 119-123.
- (7) - Bonner y Galston W.A.- 1955.- Principios de Fisiología Vegetal.- Aguilar.

- (8) - Brade-Birk.- 1947.- Good Soil.- Hodder and Stoughton Ltd. English Universities Press.- 139-142:
- (9) - Erickley W.D.- 1943.- Diseased conditions in potatoes and peas associated with potash deficiency in South Country Kildare, J. Dep. Agric. Eire, 40, 149.
- (10) - Brown R.J.- 1943.- Sampling sugar beet petioles for measurement of soil fertility Soil. Sci. 56, 213.
- (11) - Burkbart L. and Page, N.R. 1941.- Mineral nutrient extraction and distribution in the peanut plant. S. Amer. Soc. Agron. 33, 743.
- (12) - Burriel y V. Hernando.- 1947.- El fósforo en los suelos.- Anal. Edaf. III.- 543-582.
- (13) - Capitan García F.- Estudio de los métodos de extracción y determinación del P y K en suelos. Monografía presentada a la primera reunión de Centros de Edafología de España en Salamanca.

- (14) - Comunicación personal al Dr. Valentín Hernando por miembros del servicio pedológico de Bélgica.
- (15) - Cook H.L.- 1941.- Plant tissue tests in studying effectiveness of fertilizer placement. Proc. nat. St. Comm. Fert. Appl. 17, 38.
- (16) - Contribución al estudio de la nutrición nitrogenada. D. Blanc. Anna. Agron. Sup. I. 1948 pag. 48.
- (17) - Curtis, Otis F.- 1935.- The translocation of solutes in plants.- New-York.- Mac Graw.- Hill Book Company.
- (18) - Chapman G.W.- Leaf analysis and plant nutrition.- Soil. Sci. 52.63-81.- 1941.
- (19) - Delmas J. et Routhenko W. et Mlle. Boudel C.- 1959.- Contrôle de la nutrition des plantes par l'analyse minérale du suc.- Comptes rendus des séances de l'Académie d'Agriculture de France.

- (20) - Delmas J. et Routchenko W.- 1962.- Contribution à l'étude des variations de la composition minérale du suc de maïs soumis deux types d'alimentation azotés, l'une totalement nitrique, l'autre totalement ammoniacale. An. Agron. 575-586, 13 (6).
- (21) - Demolon A. 1956.- Croissance des végétaux cultivés.- Dunod.- Paris.
- (22) - Emmert E.M.- 1943.- Análisis de P y NO_3^- en tejido conductor de plantas de tomates y lechugas como indicadores de asimilabilidad y rendimientos.- Kent. Exp. Sta. in Cip.
- (23) - Ferry J.F.- 1959.- Fundamentals of plant physiology.- New-York.- The Macmillan Company.
- (24) - Fonder J.F.- 1929.- The relationship of soil type to the calcium and magnesium content of green bean stems and leaves and of their expressed juice Soil. Sci. 27, 415.

- (25) - Frank James.- 1950.- Photosynthesis in plants. Ames.- Iowa State College Press. edited by Frank and W.E. Loomis.
- (26) - Fudge B.R.- 1943.- Citrus nutrition studies.- Physiological studies.- Rep. Fla. Agric. Sta. 203.
- (27) - Gaastra P.- 1959.- Photosynthesis of crop plants as influenced by light carbon dioxide, temperature and stomatal diffusion resistance.- Wageningen.- M. Veenman en Zonen N.V.
- (28) - Gerold Schwarzenbach.- 1959.- Las complejones en el análisis químico.- Ediciones Atlas. Madrid.
- (29) - Gross, A.- 1962.- Engrais,- Guide pratique de la fertilisation.- Librerio Mundi Prensa. Trad. Ramón Olalguiaga.
- (30) - Helfferich, Friedrich.- 1962.- Ion exchange.- New York.- Mac Graw.- Hill Book Company.
- (31) - Hernando V. y Sanchez Conde M.P.- 1954. An. Edaf. y Fisic. Veg. XIII - 737-765.

- (32) - Hernando V., Jimeno L. y Guerra A.-
1954.- Estudio sobre las condiciones
de Fertilidad de la provincia de Gua
dalajara.- Patronato Juan de la Cierva.-
C.S.I.C.
- (33) - Hernando V. Jimeno L y Cadahía C.-
1964.- Estudio de la nutrición de las
tomateras mediante el análisis de savia.
An. Edaf. y Agrob.- XXIII.- 65-79.
- (34) - Hill H and Johnson F.P.- 1940.- Magne-
sium deficiency of apple trees in sand
culture and in commercial orchards. Sci.
Agri. 20, 516.
- (35) - Hillebrand.- 1953.- Applied Inorganic
Analysis.
- (36) - Homes, Marcel V.- 1953.- L'alimentation
minérale des plantes et le problème des
engrais chimiques.- Masson et Cie.- Paris.
- (37) - Homes, Marcel V.- 1961.- L'alimentation
minérale équilibrée des végétaux.- Wette
ren.- Universa.

- (38) - Ion Exchange Resins.- Monografía presentada por The British Drug Houses Ltd. Poole England.
- (39) - Jacob A. and Vexküll, V.H.- 1960.- Fertilizer Use.- pag. 43-56.
- (40) - Jacobson L.- 1945.- Iron in the leaves and chloroplasts of some plants in relation to their chlorophyl content.- Plant Pysiol., 20,233.
- (41) - Jackson.- 1958.- Soil Chemical Analysis 197-201. Prentice-Hall, Inc.- Englewood Cliffs, N.J,
- (41') - Jenny H.- 1951.- Mineral nutrition of plants, Univ. Wisconsin Press.
- (42) - Jimeno L, Cadahía C y Ayerbe Ms.- 1964.- La composición de la savia como índice de Fertilidad de los suelos.- En prensa.
- (43) - Kunin R.- 1958.- Ion exchange resins,- New Yerk.- John Wiley and Sons.
- (44) - L'eau et la production végétale.- 1964. Inst. Nac. de la Rech. Agr.

- (45) - Linberry R.A. and Burkhart L.- 1943.-
Nutrient deficiencies in strawberry
leaf and fruit. Plant Physiol. 18, 324.
- (46) - Linberry R.A. and Collins E.R.- 1944.-
Fertilizer requirements of strawberries
on new land in North Carolina. Proc.
Amer. Soc. Hort. Sci. 45, 283.
- (47) - Lorenz and Minges P.A.- 1942.- Nutrient
absorption by summer crop of lettuce in
Salinas Valley, California, Proc. Amer.
Soc. Hort. Sci., 40, 523.
- (48) - Lorenz O.A.- 1944.- Studies of potato
nutrition. I. The effects of fertilizer
treatment on the yield and composition
of kern country potatoes. Amer. Potato
S. 21, 179 and Proc. Amer. Soc. Hort.
Sci. 44, 389.
- (49) - Lunt, H.A.- Swanson, A.L.W.- Jacobsen,
H.G.- 1950.- The Morgan Soil Testing
System.- Connec. Agr. Exp. Sta. New
Haven.- Bull. 541.
- (50) - Lyon and Buckman.- 1947.- The nature
and properties soil.

- (51) - Magnitskii K.P. - 1954.- Determinación del régimen nutritivo del suelo mediante el análisis químico de las plantas.- Pochvedenie.- 113, 125.
- (52) - Malavolta E.- 1962.- On the mineral nutrition of some tropical crops.- Berne.- Interna. Potash Inst.
- (53) - Maximov N.A.- 1946.- Fisiología Vegetal Buenos Aires.- Ed. Acme. Cía. Gral. Fabril Financiera.
- (54) - Maza F.A.- 1929.- Química Analítica cuantitativa aplicada a la Química Agrícola.- Labor.
- (55) - Mela P.- 1963.- Edafología.- Zaragoza.
- (56) - Metson A.J.- 1956.- Methods of Chemical Analysis for soil survey samples.- New Zeal. Dep. of Sci. and Ind. Res. Bull. 12.-70, 71.
- (57) - Mineral nutrition of plants.- 1953.- Madison University of Wisconsin Press.
- (58) - N.A.A.S. de Anstey Hall Cambridge (Inglaterra). Técnica seguida en dicho centro.

- (59) - Nicholas D.J.- 1950.- Some effects of heavy metals in excess on crop plants grown in soils. Rep. Agric. Hort. Res. Sta, Bristol, p. 96.
- (60) - Oliver and Boyd.- 1949.- Statistical Methods in Research and Production.- Imp. Chem. Ind. Lim:
- (61) - Padhye V.P.- 1957.- A rapid method for the determination of Ca and Mg in plant material by titration with disodium ethylenediamine tetracetate. The Analyst. 82. 634-635.
- (62) - Paech K.- 1955.- Modern methods of plants analysis.- Berlin.- Springer Verlag.
- (63) - Phillis E. and Mason, T.- 1942.- The diurnal variation in the content.- Ann. Bot. VI.- pag. 467-472.
- (64) - Piper C.S.- 1950.- Soil and plant analysis. Interscience Publishers, Inc. N.J. pag.45.
- (65) - Rabinowitch E.- 1958.- La photosynthèse.- Gauthier.- Villars, Ed.- Paris.

- (56) - Rieman.- 1963.- Curso monográfico dado en la Facultad de Ciencias de Madrid (cátedra de Química Analítica).
- (67) - Russel E. John.- 1949.- Soil Conditions and plant growth.- Longmans, 18th edition.
- (68) - Saline and Alkali Soils.- 1954.- U.S. Salinated Laboratory Staff.
- (69) - Sánchez Conde, M.P.- 1957.- Interacción Ca/K en plantas de trigo. Tesis doctoral.
- (70) - Smiths A.M.- 1952.- Manures and fertilizers.
- (71) - Smith M.E.- 1944.- The role of boron in plant metabolism. Aust. J. exp. Biol. Med. Sci. 22, 257.
- (72) - Snell and Snell.- 1948.- Colourimetric methods of analysis.- D. Van Nostrand Company, Inc.
- (73) - Soil and Fertilizer Phosphorus in Crop nutrition.- 1953.- Academic Press Inc., Publishers.- New York.- Vol. IV.
- (74) - Somers, I and Schive J.W.- 1942.- The iron magnese relation in plant metabelism. Plant Physiol 17, 582.

- (75) - Sorensen and Thomas.- 1945.- Fundamental Studies on some tomato Producing Soils.- U.S. Department of Agriculture Library,- Washington.- 25, D.C.- Campbell Soups Company. Riverton, New-Jersey.
- (76) - Thornes D. Wand Wallace A.- 1944.- Some factors affecting chlorosis on highline soils. I Ferrons and Ferric irons Soil Sci. 57, 299.
- (77) - Tomato Producing Soils (Fundamental Studies).- 1945.- Depart. of Agri. Resea. Campbell Soup Comp.- Library Current Serial Record.
- (78) - Treadwell, F.P.- 1958.- Análisis cuantitativo M. Marin y Cia.- Barcelona.
- (79) - Tschapek, M.W.- 1959.- El agua en el suelo.- Buenos Aires.- I.N.T.A.
- (80) - Wallace T.- 1956.- Methods of diagnosing the mineral status of plants.- Plant Analysis and fertilizer problems.- I.R. H.O.- Paris.

- (81) - York, E.T. Jr. Bradfield, R. and Michael -
1953.- Calcium potassium interactions in
soils and plants.- II Soil Sci. 76, 481.
492.
- (82) - "Zerolit" Resinas cambiadoras de iones en
el laboratorio.- Monografía publicada por
Vorquímica (Vigo).