

Calibración de los Parámetros de EUF-N, en Relación a los Cultivos de Lechuga y de Veza¹

J. A. Díez*

ABSTRACT

In the present paper, the EUF-N parameters in Spanish soils from the Tagus Valley are calibrated and their optimum levels are established for lettuce and vetch cultures. The high correlation ratio between the parameters of EUF-N_t, EUF-NO₃⁻ and available N compared with the N absorbed by each of the two cultures have made it possible to calculate the optimum level of each for each culture. The values obtained clearly show the differences in each of the cultures in relation to the needs of N. Those of vetch are noticeably lower. In addition, two highly significant ratios were obtained between EUF-N_t and K absorbed by the lettuce and vetch cultures. This shows the interaction of N and K and also that the optimum level of N in the soil directly affects the absorption of K by the plant.

INTRODUCCION

El establecimiento de los requerimientos de fertilizantes nitrogenados con base en los resultados obtenidos en los análisis de suelos, presenta serias dificultades. Esto es debido a que las diferentes formas en que aparece el N en el suelo, pueden sufrir considerables variaciones a lo largo del ciclo de cultivo, con lo cual los análisis de suelo solo permitirían obtener una instantánea en un momento determinado. Por otra parte la información obtenida sería evidentemente incompleta, si solamente se utiliza alguna de las fracciones nitrogenadas, como índice del N asimilable presente en el suelo.

A todo ello se suma, el que mientras unos compuestos nitrogenados como los nitratos son directamente absorbibles por la planta, otros como el amonio o los compuestos orgánicos nitrogenados tienen que ser previamente mineralizados para que puedan ser absorbidos.

En consecuencia Ris *et al.* (8) llegan a la conclusión de que los datos analíticos aislados, acerca del

1 Recibido para publicación el 20 de enero 1988
El autor agradece a la CAICYT, la atención brindada a este proyecto, cuya financiación hizo posible la realización del presente trabajo.

* Instituto de Edafología y Biología, CSIC, Madrid, España.

COMPENDIO

En este trabajo se calibran los parámetros de EUF-N en suelos españoles procedentes del Valle del Tajo, estableciéndose sus niveles óptimos para los cultivos de lechuga y veza. Los elevados coeficientes de correlación obtenidos entre los parámetros EUF-N_t, EUF-NO₃⁻ y N disponible frente al N absorbido por cada uno de ambos cultivos han permitido calcular los niveles óptimos de cada uno de ellos para cada cultivo. Los valores obtenidos muestran claramente las diferencias de cada uno de los cultivos en relación a las necesidades de N, siendo apreciablemente más bajos en la veza. Así mismo, sendas correlaciones altamente significativas han sido obtenidas entre EUF-N_t y el K absorbido por el cultivo de lechuga y de veza, lo que pone de manifiesto la interacción N/K, estableciéndose que el nivel óptimo de N en el suelo, afecta directamente a la absorción de K por la planta.

N mineral del suelo, no facilitan suficiente información para poder dosificar adecuadamente óptimas cantidades de fertilizante nitrogenado a los cultivos.

Muchos y variados han sido los métodos propuestos en los últimos años, basados en la utilización de extractantes químicos, con el fin de evaluar el N mineral presente en el suelo (1, 9) Sin embargo su utilización ha sido en gran parte desechada por los motivos anteriormente apuntados.

En estas circunstancias era necesario desarrollar un método de laboratorio capaz de extraer una fracción medible de NO₃⁻ y al mismo tiempo obtener información acerca del N orgánico fácilmente mineralizable. El método propuesto por Nemeth *et al.* (4) aplicando la electroultrafiltración con este propósito logra a nuestro juicio ambos objetivos.

Sin embargo de nada sirve disponer de metodologías sofisticadas, si los valores que éstas proporcionan no están suficientemente contrastadas, estableciéndose los niveles óptimos de sus parámetros para un determinado tipo de suelo y de cultivo, que sirvan como valores de referencia.

En consecuencia, en el presente trabajo se pretende calibrar los parámetros de EUF-N en suelos es-

pañoles procedentes del Valle del Tajo, estableciendo sus niveles óptimos para los cultivos de lechuga y veza. Al mismo tiempo se prueban las ventajas de integrar varios parámetros, para definir el N disponible del suelo.

MATERIALES Y METODOS

Se llevó a cabo un experimento de invernadero, con 24 muestras de suelo, procedentes de la Vega del Tajo. Algunas de cuyas características fisicoquímicas se muestran en la Cuadro 1. Como puede observarse, si bien los valores de pH son bastante homogéneos, en cambio sus contenidos en materia orgánica y especialmente sus texturas son claramente diferentes en un amplio rango.

En tiestos tipo Mitcherlich conteniendo 8 kg de suelo/tiesto, el primer año se implantó un cultivo de lechuga a razón de una sola planta/tiesto, y el segundo un cultivo de veza a la de 5 plantas/tiesto.

Antes del comienzo del cultivo de lechuga, los suelos fueron convenientemente fertilizados con fósforo y potasio con base en los análisis efectuados por la técnica de electroultrafiltración, de acuerdo al protocolo establecido por Diez *et al.* (2). Así mismo antes de implantar el cultivo de veza se hizo la misma operación.

En las muestras de suelo antes de comenzar cada uno de ambos cultivos se controlaron los niveles de N mediante la técnica de electroultrafiltración (4). Para ello se determinaron los parámetros de EUF-N_t , EUF-NO_3^- y $\text{EUF-N}_{\text{org}}$ siguiendo el siguiente programa de extracción:

Fracción I: 30 min., 20°C, 200 V \leq 15 mA

Fracción II: 5 min., 80°C, 400 V \leq 150 mA

En los extractos de EUF, una vez mezclados los procedentes del cátodo con los del ánodo, se determinó el contenido en N total, siguiendo el método propuesto por Diez (3) basado en la radiación ultravioleta de la muestra y posterior oxidación con persulfato potásico en medio alcalino, en autoanalizador Technicon AAII. Este tratamiento permite transformar todos los compuestos nitrogenados presentes en la muestra en nitrato, el cual es posteriormente valorado en el mismo canal analítico.

Paralelamente, en los mismos extractos se determinó el contenido en nitrato por el método de la N1 naftiletildiamina, sin oxidación previa, cuyos valores tanto de EUF-N_t como de EUF-NO_3^- se muestran en la Cuadro 2. Por diferencia entre el contenido

Cuadro 1. Características físico-químicas de los suelos.

Suelos	pH (H ₂ O)	% Materia Orgánica	% Arcilla
1	7.65	0.94	20
2	7.70	0.84	15
3	7.70	0.96	28
4	7.65	0.88	18
5	7.70	0.92	14
6	7.70	0.99	30
7	7.60	1.10	18
8	7.70	1.10	15
9	7.80	1.46	41
10	7.80	1.42	39
11	7.85	1.58	> 40
12	7.75	1.51	38
13	7.70	1.69	40
14	7.70	1.64	> 40
15	7.70	1.59	38
16	7.80	1.82	30
17	7.70	1.78	35
18	7.65	1.83	> 40
19	7.75	1.89	> 40
20	7.60	1.62	36
21	7.75	1.26	32
22	7.65	1.15	40
23	7.65	1.15	35
24	7.65	1.25	34

de N que presentan ambas fracciones, se determinó una tercera que denominamos $\text{EUF-N}_{\text{org}}$, la cual engloba a los compuestos orgánicos nitrogenados fácilmente mineralizables, de acuerdo a la interpretación dada a dicha fracción por Nemeth *et al.* (4).

El N disponible en el suelo fue evaluado siguiendo la calibración efectuada por Wicklicky *et al.* (10) quienes estiman que cada mg de N en forma de NO_3^- extraído por EUF corresponde a 30 kg de N/ha, y cada mg de N en forma de N orgánico extraído por el mismo procedimiento corresponde a 50 kg de N/ha. La suma de ambos puede considerarse como una aproximación suficientemente contrastada del N disponible para el cultivo.

En cada uno de los cultivos del experimento, una vez recolectados, se determinó la producción de materia seca mediante pesada de la parte aérea de la planta. El N absorbido por la planta se evaluó mediante mineralización sulfonítrica de la misma una vez desecada. Los valores obtenidos se muestran en el Cuadro 3.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 podemos observar que en general los contenidos en materia orgánica de los suelos están en consonancia con los de arcilla, y también con los de N, sobre los que ejerce una notable influencia, como se muestra en el Cuadro 2.

Puede verse igualmente que los valores de EUF-N detectados antes del cultivo de lechuga, son considerablemente superiores a los mostrados por los suelos antes de comenzar el cultivo de veza. Esto se debe a que el primero origina un apreciable descenso de N como consecuencia de la absorción, que no es resuelta mediante la fertilización, debido a las bajas exigencias previsibles del cultivo siguiente, al tratarse de una leguminosa.

De todo el N extraído de los suelos mediante la técnica de EUF, aproximadamente el 80% se encuentra en forma de NO_3^- y el resto lo hace fundamentalmente en forma de N orgánico fácilmente mineralizable, constituido por compuestos nitrogenados de bajo peso molecular, entre los cuales se engloba una pequeña proporción de formas amónicas.

Por otra parte, como se aprecia en el Cuadro 2, el procedimiento de EUF solamente es capaz de extraer un 10% aproximadamente de todo el N detectado en el suelo mediante el método Kjeldahl. El N extraído por EUF como ha sido demostrado por Nemeth *et al.* (4) corresponde principalmente al que previsiblemente participará en la nutrición del cultivo siguiente, es decir el N asimilable. Sin embargo, considerando que no todos los compuestos nitrogenados presentan la misma facilidad para ser asimilados por las plantas, en un estudio realizado por Wicklicky *et al.* (10) se ha dado un determinado peso específico a cada una de las formas de N detectadas, a partir de cuyo cálculo es posible determinar el contenido en N disponible, tal como se comentó anteriormente.

En cuanto al N absorbido por cada uno de ambos cultivos (Cuadro 3) podemos observar que los suelos con contenidos en materia orgánica más elevada y por tanto en N, son los que presentan mayores niveles de absorción de este elemento. Por otra parte, en dicho cuadro se muestra que el cultivo de veza, a pesar de los bajos niveles de N detectados en el suelo antes del comienzo de éste, la absorción de N supera en general, a la del cultivo de lechuga. Esto pone de manifiesto la capacidad de la veza para fijar N atmosférico en proporciones altamente significativas.

El sistema más frecuentemente utilizado para la calibración de la información obtenida sobre un elemento por un determinado método, se basa en la correlación entre el parámetro de N que deseamos valorar frente al N absorbido por la planta, o bien frente a la producción de materia seca o de producto útil (grano, hoja, etc.). Este procedimiento permite establecer los niveles óptimos de los parámetros de N necesarios para conseguir el máximo de absorción nitrogenada por la planta, siempre que se consiga obtener una regresión parabólica que relacione ambas series

Cuadro 2. Parámetros de EUF-N de los suelos, cuyas muestras fueron tomadas: 1 antes del cultivo de lechuga; 2 antes del cultivo de veza (mg N/100 g suelo).

Suelos	EUF-N _t		EUF-NO ₃ ⁻		N kjeldahl	
	1	2	1	2	1	2
1	5.4	1.9	4.1	0.8	65	39
2	4.6	0.8	4.0	0.7	65	41
3	5.3	1.1	4.6	0.8	66	43
4	6.4	1.4	4.9	1.3	57	45
5	5.0	0.6	4.1	0.7	68	55
6	5.4	1.3	4.4	1.2	73	49
7	7.1	1.3	6.0	1.3	62	52
8	5.4	0.9	4.1	0.9	67	46
9	11.3	1.2	4.2	1.3	100	73
10	11.3	2.3	8.1	3.0	110	73
11	11.5	1.2	9.8	0.8	112	98
12	10.5	1.3	9.3	1.0	112	99
13	10.1	1.1	9.1	1.0	95	102
14	10.1	1.6	5.9	1.4	96	105
15	12.5	2.9	11.4	2.9	108	108
16	11.7	2.0	9.5	1.7	114	106
17	11.1	1.9	9.6	1.9	110	111
18	11.4	2.6	9.8	2.5	116	111
19	10.8	2.5	9.7	2.5	119	109
20	11.9	2.5	10.7	2.5	133	122
21	9.5	1.2	9.1	1.0	128	126
22	10.1	1.7	9.4	2.1	128	122
23	11.3	3.4	10.5	2.9	120	131
24	10.5	3.0	9.7	2.8	132	132

de valores, y cuyo coeficiente de correlación tenga una elevada significación, circunstancias que se dan en el presente experimento.

En este sentido en el Cuadro 4 puede apreciarse que al relacionar el N absorbido por el cultivo de lechuga frente a los diferentes parámetros de N, se obtuvieron correlaciones significativas en todos los casos a excepción de EUF-N_{org}. Las mismas correlaciones significativas fueron obtenidas al relacionar estos parámetros frente a la producción de materia seca.

Así mismo con el cultivo de veza, se obtuvieron resultados análogos a los mostrados para el cultivo de lechuga (ver Cuadro 5), los cuales son coincidentes con los obtenidos por Nemeth *et al.* (5) en suelos parrandina y aluviales.

Debe destacarse, que si bien el EUF-N_{org} no dio elevadas correlaciones en ninguno de los casos, frente a la absorción de N o a la producción de materia seca; sin embargo, cuando este parámetro se integra dentro del N disponible con su correspondiente peso específico, correlaciona significativamente, lo que es indicativo de que esta fracción nitrogenada interviene activamente en la nutrición. Nemeth *et al.* (5) han halla-

Cuadro 3. Valores de N absorbido y producción de materia seca correspondientes a los cultivos de lechuga y veza.

Suelos	N absorbido (mg N/tiempo)		Producción de materia seca (g N/tiempo)	
	Lechuga	Veza	Lechuga	Veza
1	278	397	10.3	12.4
2	402	423	11.6	10.5
3	351	463	11.9	12.6
4	347	443	9.9	13.4
5	291	355	9.6	10.3
6	413	432	11.7	13.4
7	437	533	13.0	16.8
8	391	455	12.7	13.0
9	520	651	15.3	18.9
10	542	593	13.2	19.0
11	538	639	17.3	18.3
12	562	623	15.6	17.8
13	551	527	16.3	16.6
14	629	569	16.1	18.2
15	578	527	15.5	17.9
16	539	607	16.2	18.5
17	586	629	15.5	19.0
18	686	622	15.7	18.0
19	583	666	14.2	18.4
20	648	694	15.3	19.6
21	655	664	17.8	19.1
22	697	689	16.8	20.7
23	671	634	16.0	19.7
24	601	660	15.2	19.0

do una correlación significativa entre $EU\bar{F}-N_{org}$ y la producción de paja en el cultivo de trigo.

De los resultados obtenidos puede deducirse que $EU\bar{F}-N_t$, $EU\bar{F}-NO_3$ y N disponible, constituyen excelentes parámetros para medir la disponibilidad de N para la planta en este tipo de suelos. Sin embargo, desde un punto de vista más amplio, teniendo en

cuenta su aplicabilidad a otro tipo de suelos parece recomendable la utilización del parámetro de N disponible propuesto por Wicklicky *et al.* (10) debido a que integra en su cálculo el contenido en nitrato presente en el suelo por una parte y el N orgánico fácilmente mineralizable por otra. Al propio tiempo, permite realizar un balance del N en el suelo basado en la exportación previsible de N por el cultivo, y el N que el suelo puede aportar al mismo, de donde puede deducirse la dosificación de fertilizante nitrogenado más adecuada.

El hecho de que el N Kjeldahl correlacione significativamente con el N absorbido al igual que ocurre con los parámetros de $EU\bar{F}-N$, significa que en los suelos del experimento existe una proporcionalidad entre el N total presente en el suelo y el extraído por $EU\bar{F}$. Sin embargo este resultado no debería generalizarse, ya que como ha sido observado por Nemeth *et al.* (4) en los suelos de Yugoslavia utilizados en su trabajo, no obtuvieron correlaciones significativas entre el contenido de N Kjeldahl y $EU\bar{F}-N$. Esta proporcionalidad puede darse siempre que los suelos utilizados presenten una dinámica del N homogénea, la cual puede evaluarse a través de la relación $EU\bar{F}-NO_3/EU\bar{F}-N_{org}$, que en el caso de los suelos del experimento oscila entre 1 y 22. Estos valores elevados indican que no es previsible una inmovilización del N ante una hipotética fertilización, y que el comportamiento de los suelos respecto a la dinámica del N es bastante homogéneo.

Por lo que respecta a la calibración de los parámetros de N con base en el planteamiento anteriormente apuntado en la Fig 1, se muestra a modo de ejemplo la determinación del nivel óptimo del parámetro de $EU\bar{F}-N_t$ para la nutrición nitrogenada del cultivo de lechuga. En ella puede observarse que en la curva de regresión parabólica obtenida al relacionar $EU\bar{F}-N_t$ frente al N absorbido por el cultivo de lechuga, vemos que el nivel máximo de absorción de N

Cuadro 4. Ecuaciones de regresión parabólica y coeficientes de correlación, entre el N absorbido por el cultivo de lechuga y la producción de materia seca, frente a los parámetros de $EU\bar{F}-N$ y N Kjeldahl.

X	Y N absorbido		Y Producción de materia seca	
	R	Ec. regresión	R	Ec. regresión
$EU\bar{F}-N_t$	0.873***	$Y = -244.7 + 147.6x - 6.46x^2$	0.855***	$Y = -0.6 + 2.92x - 0.13x^2$
$EU\bar{F}-NO_3$	0.839***	$Y = -28.0 + 119.3x - 5.54x^2$	0.792***	$Y = 3.49 + 2.45x - 0.12x^2$
$EU\bar{F}-N_{org}$	0.243		0.239	
N disponible	0.856***	$Y = 272.3 + 4.7x - 0.006x^2$	0.843***	$Y = 3.25 + 0.057x - 0.00006x^2$
N Kjeldahl	0.909***	$Y = 119.2 + 9.0x - 0.024x^2$	0.868***	$Y = 4.13 + 0.32x - 0.0013x^2$

*** Nivel de significación 0.1%.

Cuadro 5. Ecuaciones de regresión parabólica y coeficientes de correlación entre el N absorbido por el cultivo de veza y la producción de materia seca, frente a los parámetros de EUF-N y N Kjeldahl.

X	Y N absorbido		Y Producción de materia seca	
	R	Ec. regresión	R	Ec. regresión
EUF-N _t	0.586**	Y= 272.0 + 275.8x - 52.88x ²	0.680***	Y= 6.4 + 9.7x - 1.86x ²
EUF-NO ₃ ⁻	0.676***	Y= 217.3 + 385.4x - 86.02x ²	0.757***	Y= 5.4 + 12.4x - 2.72x ²
EUF-N _{org}	0.397		0.333	
N disponible	0.525*	Y= 300.6 + 7.8x - 0.048x ²	0.616**	Y= 7.9 + 0.26x - 0.0015x ²
N kjeldahl	0.858***	Y= 218.5 + 5.8x - 0.019x ²	0.881***	Y= 4.1 + 0.24x - 0.00094x ²

*, **, *** niveles de significación al 5, 1 y 0.1% respectivamente

corresponde a un valor de EUF-N_t del 11.43 mg N/100 g, siendo el coeficiente de correlación significativo a nivel 0.1% (R = 0.873). Sin embargo si nos referimos a la zona de máxima pendiente de la curva que a su vez corresponde a la de mejor aprovechamiento del N del suelo, este valor quedaría reducido a 9.4 mg N/100 g con una pérdida estimada sobre el máximo de absorción del 5%

Este razonamiento significa, que para un cultivo de lechuga en suelos de características análogos a los del experimento, para obtener un máximo de absorción nitrogenada, se establece como nivel óptimo de EUF-N_t el de 9.4 mg N/100 g de suelo

Seguindo este mismo procedimiento, han sido calculados los niveles óptimos de los parámetros de EUF-N_t, EUF-NO₃⁻ y N disponible para los cultivos de lechuga y veza, cuyos valores se presentan en el Cuadro 6

Estos valores son claramente diferentes cuando se trata del cultivo de lechuga comparado con el de veza, siendo lógicamente más elevados en el primer caso. Observamos que para el cultivo de lechuga el nivel

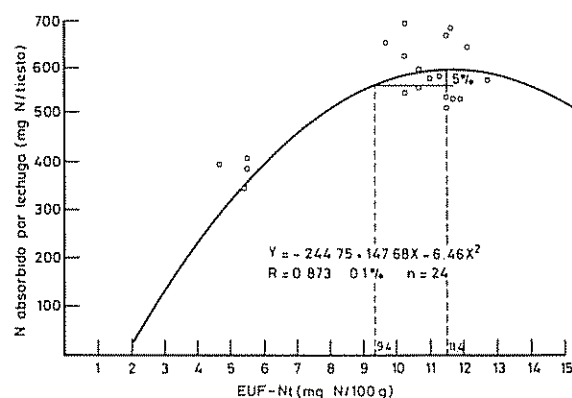


Fig. 1. Representación gráfica de la ecuación parabólica que relaciona EUF-N_t (fracciones I + II) con el N absorbido por el cultivo de lechuga. Determinación del nivel óptimo

óptimo de EUF-N_t se estima en 9.40 mg N/100 g y el de EUF-NO₃⁻ en 8.73 mg N/100 g, lo cual demuestra claramente que el nitrato en este tipo de suelos constituye la fuente más importante de N para este cultivo. El nivel óptimo calculado del N disponible para este cultivo fue de 310 kg N/ha

Sin embargo en el cultivo de veza, los valores exigidos para conseguir una óptima nutrición nitrogenada son considerablemente más bajos, 1.90 mg N/100 g para EUF-N_t y 1.61 mg N/100 g para EUF-NO₃⁻. Esta acusada diferencia con respecto al cultivo anterior, se explica por el importante componente que tienen en la nutrición de las leguminosas, la fijación simbiótica de N

Los niveles anteriormente apuntados, pueden ser orientativos para valorar la capacidad nutricional nitrogenada de los suelos y en consecuencia, la utilización de cualquiera de estos parámetros podría servir de base para establecer la fertilización nitrogenada. Sin embargo, a este respecto, somos partidarios de realizar un balance entre entradas y salidas del N de suelo, empleando en este caso el parámetro de N disponible para evaluar el contenido en N que el suelo es capaz de suministrar al cultivo, para finalmente calcular con mayor precisión las necesidades de fertilizante nitrogenado

Por otra parte, en el estudio realizado a través de este experimento se ha podido comprobar la posible interacción N/K, dada la íntima relación existente entre el nivel de N presente en el suelo y el K absorbido para cada uno de ambos cultivos. Efectivamente, sendas correlaciones altamente significativas han sido obtenidas entre EUF-N_t y el K absorbido por el cultivo de lechuga (R = 0.861***) y de veza (R = 0.652***), lo cual confirma la tesis sobre la interacción N/K observada por Nemeth *et al.* (5) en relación a la nutrición de cereales, en cuyo trabajo demuestran que el nivel de N en el suelo incide directamente sobre la absorción de K por la planta, lo cual

Cuadro 6. Valores de $EU\bar{F}-N_t$, $EU\bar{F}-NO_3^-$ y N disponible que corresponden a la máxima absorción de N por los cultivos de lechuga y veza, y los calculados como nivel óptimo por cada uno de ellos.

Parámetros	Lechuga		Veza	
	Absorción máxima de N	Nivel óptimo	Absorción máxima de N	Nivel óptimo*
$EU\bar{F}-N_t$ (mg N/100 g)	11.43	9.40	2.64	1.90
$EU\bar{F}-NO_3^-$ (mg N/100 g)	10.77	8.73	2.24	1.61
N disponible (kg N/ha)	370.00	310.00	—	—

* Pérdida sobre el máximo de absorción de N del 5%

puede afectar positivamente a la producción cuando ambos nutrimentos se encuentran en cantidades suficientes y equilibradas en el suelo

Paralelamente, se ha podido observar a través del punto máximo de las curvas de regresión, que existe un paralelismo entre el $EU\bar{F}-N_t$ que corresponde con la máxima absorción de N en el cultivo de lechuga (11.43 mg N/100 g), y el que lo hace con la máxima absorción de K (10.88 mg N/100 g). Esto parece indicar que los niveles óptimos anteriormente establecidos afectan no solo a la nutrición nitrogenada sino también a la potásica

Como conclusión puede establecerse, que los elevados coeficientes de correlación obtenidos entre los parámetros de $EU\bar{F}-N$ y el N absorbido, han permitido calcular los niveles óptimos de cada uno de ellos, para el cultivo de lechuga y de veza. Los valores obtenidos muestran claramente las diferencias de cada cultivo en relación a las necesidades de nitrógeno.

Así mismo, se pone de manifiesto la interacción N/K, estableciéndose que el nivel óptimo de N afecta directamente a la absorción de K, tanto en el cultivo de lechuga como en el de veza

LITERATURA CITADA

- COTTE, J., KEHANA, E. 1946. Sur une nouvelle méthode de la réduction pour le dosage des nitrates. *Bull. Soc. Chem. Fr.* 542:554.
- DIEZ, J.A.; CADAHIA, C.; GARATE, A.; REVILLA, E. 1985. Estudio de la dinámica de nutrientes mediante electro-ultrafiltración como base de la fertilización. *Inst. de Edafología y Biología Vegetal, CSIC, Depto. Química Agrícola U.A.M., Ed. Malquisa.*
- DIEZ, J.A. 1985. Determinación de N U.V. oxidable y de nitrato en extractos de suelos mediante autoanalizador. *Anal. Edafol. Agrobiol.* 44:1 453-1 464.
- NEMEIH, K.; MAKHDUM, I.Q.; KOCH, K.; BERINGER, H. 1979. Determination of categories of soil nitrogen by electro-ultrafiltration (EU\bar{F}). *Plant Soil* 53:445-453.
- NEMEIH, K. 1984. Response of grain yield of wheat to potassium as a function of nitrogen dynamics in the soil. *18th Coll. Int. Potash Inst. Proc. (Gardone, Italy)* 175-183.
- NEMEIH, K.; FURSTENFELD, F. 1985. Changes of $EU\bar{F}-N$ and $EU\bar{F}-K$ fractions in three deep grey-brown luvisols during 18 months under fallow. *Plant Soil* 86:249-256.
- NEMEIH, K. 1985. Recent advances in $EU\bar{F}$ -research (1980-1983). *Plant Soil* 83:1-19.
- RIS, I.; SMILDE, K.W.; WIJNEM, G. 1981. Nitrogen fertilizer recommendations for arable crops as based on soil analysis. *Fertilizer Research* 2:21-32.
- ROMERO, R.; LLORENS, J.; PUCHADES, R.; PRIMO, E. 1985. Variabilidad de los resultados de la determinación de N asimilable en suelos citrícolas. Influencia de la toma y preparación de las muestras. *Agrochimica* 27:397-405.
- WICKLICKY, L.; NEMEIH, K. 1981. Dungungsoptimierung mittels $EU\bar{F}$ Bodenuntersuchung bei der Zuckerrube. *Sonderdruck aus Band 106:982-988.*