

Respuesta de *Lolium italicum* Tiptoe a la adición de macronutrientes e interacciones N-P, N-K y P-K, en tres suelos de regadío de la cuenca media del Tormes

JOSÉ L. MARTÍN POLO y JOSÉ M. GÓMEZ GUTIÉRREZ

Centro de Edafología y Biología Aplicada (C.S.I.C.). Salamanca

RESUMEN

Se estudia la respuesta de Lolium italicum Tiptoe a la adición de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y las interacciones N-P, N-K y P-K en tres suelos: 1) vegas arenolimosas; 2) suelos de terraza, y 3) tierras pardas meridionales, de los regadíos de la cuenca media del Tormes (Salamanca).

Se obtienen respuestas muy altas al nitrógeno en los tres suelos: altas para el fósforo en suelos de vega arenolimosas 1), y para calcio, magnesio y azufre en los suelos de terraza 2) y en los de tierras pardas meridionales 3).

Las interacciones no son muy acusadas, pero son positivas la de N-P en el suelo de vega arenolimosas 1) y la de N-K en suelos de terraza 2); las demás son nulas o negativas.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de un ciclo de experimentos proyectados para estudiar el estado de fertilidad de los suelos de regadío de las provincias del Centro-Oeste español, con miras al establecimiento y utilización de praderas temporales.

El experimento se ha llevado a efecto en macetas Mitscherlich, utilizando como planta tipo una gramínea: *Lolium italicum* Tiptoe. La equiparación de los resultados maceta-campo no es correcta ni admisible a efectos cuantitativos, pero sí lo es cualitativamente, con todas las ventajas que lleva consigo el riguroso control a que pueden ser sometidas las macetas.

Con los resultados iniciales se ha realizado el estudio de la respuesta a la adición de macronutrientes y las interacciones N-P, N-K y P-K.

Para evaluar las respuestas a los seis macronutrientes se utilizan, como índices los valores de las siguientes fracciones, calculadas a partir de los dato de producción:

$$\frac{\text{NPK} - \text{PK}}{\text{PK}} \times 100 \text{ ————— Respuestas al N}$$

$$\frac{\text{NPK} - \text{NP}}{\text{NP}} \times 100 \text{ ————— Respuestas al K}$$

$$\frac{\text{NPK} - \text{NK}}{\text{NK}} \times 100 \text{ ————— Respuesta al P}$$

$$\frac{\text{NPK Ca S Mg} - \text{NPK Ca S}}{\text{NPK Ca S}} \times 100 \text{ ————— Respuesta al Mg}$$

$$\frac{\text{NPK Ca S Mg} - \text{NPK Ca Mg}}{\text{NPK Ca Mg}} \times 100 \text{ ————— Respuesta al S}$$

$$\frac{\text{NPK Ca S Mg} - \text{NPK S Mg}}{\text{NPK S Mg}} \times 100 \text{ ————— Respuesta al Ca}$$

Estas relaciones, utilizadas con anterioridad por otros autores—DEMOLON (1), RUSSEL (6), etc.—, dan el incremento porcentual debido a la adición de cada nutriente, considerando que los otros están en cantidad suficiente. Son de signo positivo cuando el nutriente en cuestión origina incremento de producción, y negativo si produce disminución. Este método es particularmente útil en ensayos muy cuidadosamente controlados, perdiendo todo su rigor en experimentos realizados sin demasiada meticulosidad.

Como puede deducirse de las fórmulas utilizadas, las respuestas al nitrógeno, fósforo y potasio se obtienen a partir de tratamientos sin calcio, magnesio ni azufre. Esto supondría que en el caso de ser limitante (o deficiente en principio y limitante cuando se adiciona NPK) algunos de estos elementos, en un suelo determinado, las respuestas a N, P, K serían menores de las que en realidad le corresponderían. No obstante, la información es igualmente válida, pues son los resultados que cabe esperar de una fertilización con esos elementos.

Como complemento, se realiza también el estudio de interacciones entre nitrógeno y fósforo, nitrógeno y potasio, fósforo y potasio. Con este sistema se corroboran los resultados del sistema expuesto anteriormente, facilitando además información sobre la gradación de los nutrientes respecto al incremento del rendimiento.

Para el cálculo de interacciones se han utilizado las fórmulas preconizadas por DEMOLON (2), y RUSSEL (6). También utilizadas estas fórmulas en trabajos realizados por J. M. GÓMEZ (4) y L. SÁNCHEZ (5).

Interacción:

$$\text{N-P} \left\{ \begin{array}{l} \text{Sin K; } \frac{1}{2} [\text{O} + \text{NP} - (\text{N} + \text{P})] \\ \text{Con K; } \frac{1}{2} [\text{K} + \text{NPK} - (\text{NK} + \text{PK})] \end{array} \right.$$

$$\text{N-K} \left\{ \begin{array}{l} \text{Sin P; } \frac{1}{2} [\text{O} + \text{NK} - (\text{N} + \text{K})] \\ \text{Con P; } \frac{1}{2} [\text{P} + \text{NPK} - (\text{PN} + \text{PK})] \end{array} \right.$$

$$\text{P-K} \left\{ \begin{array}{l} \text{Sin N; } \frac{1}{2} [\text{O} + \text{PK} - (\text{P} + \text{K})] \\ \text{Con N; } \frac{1}{2} [\text{N} + \text{NPK} - (\text{NP} + \text{NK})] \end{array} \right.$$

Cuando el factor limitante es uno, el rendimiento de la planta aumenta o disminuye según lo hace el nutriente (Liebig, 1840). Puede ser que los limitantes o muy deficientes sean dos; en este caso, si se adiciona uno, no supone un incremento notable o no hay aumento en el rendimiento; si se adiciona los dos habrá una respuesta considerable. Se dice entonces que estos dos nutrientes tienen una interacción positiva. Si la influencia de dos nutrientes unidos (PK, NK, NP) en el aumento del rendimiento es mayor que el conseguido con los mismos (N + P, N + K, P + K) por separado, adicionados aisladamente, estos elementos tienen interacción positiva; si es igual, interacción nula; si es menor, interacción negativa.

PLANTEAMIENTO DEL EXPERIMENTO

SUELOS UTILIZADOS

- Núm. 1. Vegas arenolimosas.
- Núm. 2. Suelos de terraza.
- Núm. 3. Suelos pardos meridionales.

TABLA I.—*Datos del análisis de los suelos*

Suelo núm.	pH		CO ₂ %	CaO Kg/Ha	M.O. %	C %	N %	C/N	P ₂ O ₅ Kg/Ha	K ₂ O Kg/Ha
	H ₂ O	ClK								
1	6,0	5,0	—	4.700	2,34	1,36	0,140	9,7	90	1.125
2	5,7	4,7	—	1.375	1,29	0,75	0,070	10,7	75	325
3	7,6	6,5	—	7.900	0,41	0,24	0,040	6,0	225	240

Suelo número	Arena gruesa %	Arena fina %	Limo %	Arcilla %
1	5,5	66,5	12,4	12,2
2	52,0	24,0	12,7	8,4
3	18,5	57,0	8,0	16,0

Son los tres tipos de suelo más frecuentes en los actuales regadíos de la cuenca media del río Tormes. El suelo número 3 se tomó en áreas de cultivos de cereal, en zona depresionaria, de acumulación, rico en sales. Los dos primeros fueron tomados en zona de cultivo de pradera temporal.

Planta utilizada: Lolium italicum Tiptoe.

Planteamiento y método.

Se emplearon las siguientes fórmulas:

O, N, P, K, NP, NK PK, NPK, NPKCaMg, NPKCa, S, NPKSMg, NPKCaSMg y las siguientes sales y dosis por maceta:

		Dosis g/maceta
N	— Como NO_3Na	2
P	— » $\text{PO}_4\text{H}_2\text{Na}$	1
K	— » ClK	0,63
Ca	— » Cl_2Ca	5
S	— » SO_4Na_2	1,46
Mg	— » $\text{Cl}_2\text{Mg}_6\text{H}_2\text{O}$	2,79

Sistema: Jaula metálica al aire libre.

Se utilizaron macetas Mitscherlich, con cuatro repeticiones y cuatro plantas por maceta. La cantidad de suelo contenida en cada maceta es de unos 6 Kg.

Fecha de siembra: 31 de marzo 1971.

Fecha de abonado: media dosis el 15 de mayo; la otra media el 15 de junio 1971.

Fecha de recolección: 12 de julio de 1971.

Las muestras fueron desecadas a 80° C durante doce horas en estufa de aire caliente forzado.

RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos obtenidos con cada tratamiento, base de todos los cálculos posteriores, son los que figuran en la tabla II, expresados como gramos de sustancia seca obtenidos por maceta (valor medio de cuatro).

TABLA II.—*Rendimientos en gr/maceta (s. s.)*

Suelo N.º	Tratamiento	O	N	P	K	NP	NK	PK	NPK	NPK CaS	NPK Ca Mg	NPK S Mg	NPK Ca S Mg
1	18	26,5	16,6	14,8	24,2	26,6	14,0	22,7	24,6	24,6	23,5	27,6	
2	9	15,5	9	9,5	15,5	13,5	9,2	13,0	15,5	14,5	14,8	16,4	
3	6	12,5	6,7	7,6	15,9	13,8	7,5	15,2	12,5	14,8	14,1	12,2	

Respuestas

T A B L A I I I

Suelo número	I N D I C E S					
	N	P	K	Ca	S	Mg
1	62,14	— 14,66	— 6,19	17,44	12,19	12,19
2	41,30	— 3,70	— 16,12	10,81	13,10	5,80
3	102,66	10,44	— 4,08	— 13,47	— 17,56	— 2,40

La respuesta (incremento porcentual del rendimiento) al nitrógeno es alta en los tres suelos, particularmente en el número 3.

La respuesta al fósforo solamente es positiva, y bastante notable, en el suelo número 3, siendo negativa en los otros dos.

La respuesta al potasio es negativa en los tres, siendo considerable su valor absoluto en el suelo número 2.

De todo ello se deduce, para estos tres nutrientes, que los tres suelos son evidentemente deficientes en nitrógeno para el desarrollo de la planta estudiada y afines. Asimismo se pone en evidencia la pobreza en fósforo del suelo número 3. Los resultados para el fósforo en los suelos 1 y 2, y para potasio en los tres, sugieren la suficiencia de dichos suelos en esos nutrientes, pero no puede tomarse como definitivo, pues cabe la posibilidad, entre otras, de que un cuarto elemento, no adicionado, sea muy deficiente, esté en el límite, de forma que al adicionar N, P y posteriormente K, pase a ser limitante. Si esto fuera así (que un cuarto elemento pasara a ser limitante), la adición de uno de los suficientes (P o K, por ejemplo) no sólo no aumentaría la cosecha, sino que la disminuiría; esta posibilidad cabe en el estudio que nos ocupa.

La respuesta a calcio, magnesio y azufre son negativas en el suelo número 3, como cabía esperar del comportamiento de un suelo rico en sales. En este caso no cabe la posibilidad apuntada para N, P o K, pues las respuestas se han obtenido en presencia de esos elementos. Por tanto, puede afirmarse la suficiencia de este suelo en esos elementos para el normal desarrollo de la planta. También cabe el caso de haber provocado toxicidad, lo cual, al fin y al cabo, no hace más que confirmar lo afirmado. Para la adición de estos nutrientes (Ca, Mg y S) los suelos 1 y 2 muestran una notable respuesta (excepto el 2 para magnesio, que puede calificarse de pequeña). Ello viene a afirmar la necesidad de adicionar estos elementos (además de N, P y K). En estudios posteriores, aún no elaborados, se ha comprobado la necesidad de adicionar fósforo a los suelos 1 y 2; con lo cual se pone de manifiesto, en primer lugar, la extremada pobreza de estos dos suelos en elementos nutritivos, y en segundo lugar, la necesidad de considerar los seis macronutrientes y los oligoelementos en estudios de este tipo.

Interacciones

TABLA IV

Interacción	N-P		P-K		K-N	
	Sin K	Con K	Sin N	Con N	Sin P	Con P
Suelo 1	-0,45	-1,55	-0,30	-0,80	1,65	0,55
Suelo 2	0,0	-0,1	-0,15	-0,25	-1,25	-1,35
Suelo 3	1,35	0,75	-0,4	-1,0	-0,15	-0,75

Ya en el estudio del incremento porcentual de cosecha, o respuesta a los nutrientes N, P y K, se ha puesto de manifiesto la gran respuesta al N en los tres suelos. Esto, por sí solo, puede decir bastante del resto de los

elementos que no entran en la obtención del índice para el nitrógeno, por no haber sido adicionados en la primera parte (N, P, K, NP, NK, PK, NPK, véase tabla de tratamientos), es decir, Ca, Mg y S. Puede anticiparse que estos elementos no eran limitantes, pues de serlo, no se hubiera obtenido respuesta al nitrógeno; pero cabe la posibilidad de que fueran deficientes en los suelos 1 y 2, pues en ellos se obtiene respuesta positiva y relativamente alta. Si fuera así, pasarían a ser limitantes al adicionar PK y N, razón por la que la respuesta al nitrógeno no sería más alta en los suelos 1 y 2.

El estudio de interacciones no hace otra cosa que corroborar lo hasta aquí indicado. Es muy posible que solamente el nitrógeno en el suelo número 3 sea limitante con respecto a los demás factores de la fertilidad de este suelo, puesto que es su interacción con fósforo la única positiva de estos nutrientes en los tres suelos, con o sin potasio. En los suelos 1 y 2 se comporta como muy deficiente, pudiendo pasar a ser limitante cuando fueran corregidas las deficiencias en Ca, Mg y S.

El fósforo se comporta como deficiente en el suelo 3 y como suficiente o pobre a lo sumo, en 1 y 2.

Potasio suficiente excepto en 1, en que tiene interacción muy débil, pero positiva con fósforo. Su deficiencia en el suelo 1 se pone de manifiesto en la interacción positiva con el nitrógeno, con o sin fósforo.

De todo lo expuesto puede concluirse el siguiente diagnóstico sobre los tres suelos estudiados, respecto al desarrollo de la planta utilizada y afines:

Suelo núm. 1:

Muy deficiente en nitrógeno, posiblemente deficiente en Ca, S y Mg.
Pobre en K.

Suelo núm. 2:

Muy deficiente en nitrógeno, deficiente en Ca y S.

Suelo núm. 3:

Nitrógeno fuertemente deficiente, posiblemente limitante.
Fósforo: deficiente.
Suficientes el resto.

BIBLIOGRAFIA

- (1) DEMOLON, A., 1956: *Croissance des Végétaux Cultivés*. Dunod (Cinquième édition). París, p. 522.
- (2) Id., id., p. 414.
- (3) GARCÍA RODRÍGUEZ, A., 1964: *Los suelos de la provincia de Salamanca*. Publicaciones del I.O.A.T.O.
- (4) GÓMEZ GUTIÉRREZ, J. M., 1971: *Estudios sobre fertilización de comunidades pratenses seminaturales*. IV. An. Edaf. y Agrob. XXX (5-6), 513-525.
- (5) LUCENA CONDE, F., y SÁNCHEZ DE LA PUENTE, L., 1962: *La influencia de la fertilización en la composición mineral de la planta cultivada en dieciséis suelos típicos de la provincia de Salamanca*. Interacciones N, P, K. IV Simposio Internazionale di Agrochimia». Piza-Firenze, 9-14 Aprile, 320-330.
- (6) RUSSEL, E. J., y WALTER RUSSEL, E., 1950: *Soil Conditions and Plant Growth* (8.ª edición). Edit. Logmans. Green and Co. Londres. Trad. por G. González y González, 1954. *Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas*. Madrid, p. 75.

THE EFFECT OF ADDING MACRONUTRIENTS ON GROWTH OF «*LOLIUM ITALICUM TAPTOE*», AND INTERACTIONS N-P, N-K, P-K IN THREE IRRIGATED SOILS FROM THE TORMES RIVER BASIN

SUMMARY

The chemical fertility of three soils of the irrigated areas of Tormes river: (1) sandy loam, (2) brown soil of gravels, and (3) meridional brown soil is studied, using pots and *Lolium italicum Taptoe*. The production is increased using nitrogen in all three soils; in the sandy loam soil (1) it is increased with phosphorus, and it is also improved in the other two soils using calcium, magnesium and sulphur.

The interactions are not very acute, but there is a positive interaction between nitrogen and phosphorus in the sandy loam soil (1); and between nitrogen and potassium in brown soil of gravels (2). The rest of the interactions are null or negative.