

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA VEGETAL
UNIVERSIDAD DE GRANADA

RENDIMIENTO DE CULTIVOS DE GUI SANTES
EN DIFERENTES SUELOS AGRICOLAS

A. Hervás, F. Liger o y C. Lluch

RESUMEN

Se ha estudiado el rendimiento de plantas de guisante (*Pisum sativum* cv. Lincoln) crecidas en 9 suelos diferentes de la provincia de Granada con objeto de evaluar la efectividad de las simbiosis formadas entre *Rhizobium leguminosarum* autóctonos del suelo y el cultivar de planta huésped ensayada.

Los resultados obtenidos muestran que existen notables diferencias en el rendimiento de las plantas crecidas en cada uno de los suelos ensayados, probablemente debido a la diferente efectividad de las bacterias y su número en el suelo.

SUMMARY

The yield of pea plants (*Pisum sativum* cv. Lincoln) grown on 9 different soils of Granada has been studied to know the effectivity of the symbiosis established between native *Rhizobium leguminosarum* and the cultivar assayed.

Results obtained have show high differences between the yields of plants grown in each of the soil assayed probably due to the effectivity of the native bacteria and their number in the soil.

INTRODUCCION

La fijación simbiótica de N_2 en las leguminosas es la culminación de una compleja interacción que comprende a la planta huésped, *Rhizobium* y al medio ambiente. La capacidad de una raza de *Rhizobium* para formar nódulos

efectivos en la raíz del huésped está influenciada por factores intrínsecos de ambos simbioses y por las condiciones ambientales (7). Diversos autores han señalado que existe un amplio margen de variación, genéticamente determinado, en el potencial de fijación de nitrógeno en la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa. Estas variaciones están en función de los genotipos específicos de la planta huésped y raza de *Rhizobium* que interactúan simbióticamente (15), de manera que la cantidad de nitrógeno fijado por los cultivares es estrechamente dependiente de la naturaleza de los genotipos bacterianos en asociación. De esta forma, el rendimiento de los cultivos de leguminosas puede estar limitado por las características de las poblaciones nativas de rizobios presentes en un suelo determinado (20), pudiendo existir diferencias notables en el rendimiento de los cultivos entre distintas localidades debido a las diferencias en la efectividad y cantidad de las poblaciones autóctonas de *Rhizobium* presentes en el suelo.

En el presente trabajo se ha estudiado la productividad y rendimiento de cultivos de guisante (*Pisum sativum*) en diferentes suelos de la provincia de Granada con objeto de determinar si las poblaciones autóctonas de *R. leguminosarum* de distintas áreas agrícolas, donde es frecuente el cultivo de leguminosas grano, difieren en su efectividad para el cultivar ensayado. Este estudio está enmarcado dentro de un programa de selección de razas de *Rhizobium* encaminado a la preparación de inoculantes bacterianos efectivos, para mejorar el rendimiento de estos cultivos en diversas zonas agrícolas de la provincia de Granada.

MATERIAL Y METODOS.-

Se han empleado nueve suelos cuyas características granulométricas y físico-químicas se exponen en las Tablas I y II respectivamente. Una vez tamizados, los suelos se mezclaron con arena de cuarzo en la proporción 3:1 (v/v) y se distribuyeron en macetas de 2 Kg de capacidad. Las semillas de guisante se esterilizaron en superficie con alcohol de 96° y se germinaron en estufa a 28°C durante 72 horas. Transcurrido este tiempo, las plántulas se transplantaron a macetas (4 plántulas/maceta). El cultivo se llevó a cabo en invernadero bajo condiciones ambientales controladas.

Una vez alcanzado el periodo de fructificación, se procedió a la recolección de las plantas, determinándose el peso seco de los distintos órganos, parámetros de nodulación y contenido en N orgánico en parte aérea, raíz y frutos, utilizando el método descrito por CIETA (5).

RESULTADOS Y DISCUSION.-

Análisis de Crecimiento y Nodulación.

En la Tabla II se exponen los resultados del análisis de crecimiento y nodulación de plantas de guisante para cada uno de los suelos ensayados. Los

TABLA I

Resultados correspondientes al análisis granulométrico de los distintos suelos utilizados en el presente trabajo, expresado en %.

N.º de Suelo	Zona Agrícola	% Arena	% Limo	% Arcilla
1	Dúrcal	42.50	55.83	1.67
2	Santa Fe	11.97	56.36	31.67
3	Purchil	35.11	49.83	15.06
4	Atarfe	34.58	46.73	18.69
5	Zujaira	12.04	51.89	36.07
6	Iznalloz	51.99	35.65	12.35
7	Alhama de Granada	9.02	50.85	40.13
8	Loja	16.95	50.91	32.14
9	La Malá	32.70	65.57	1.73

TABLA II

Resultados correspondientes al análisis químico de los suelos empleados en el presente trabajo.

N.º Suelo	Zona Agrícola	pH (pasta saturada)	Mat. org. %	N org %	P ₂ O ₅ ppm	K ₂ O mq/100g	CO ₃ Ca equivalente %	CO ₃ Ca activo %
1	Dúrcal	7.74	3.15	0.51	44.88	18.75	41.31	3.80
2	Santa Fe	7.88	1.71	0.32	35.72	25.00	29.59	15.01
3	Purchil	7.82	1.91	0.27	18.32	15.00	24.55	7.41
4	Atarfe	7.76	2.14	0.34	27.95	27.50	55.48	18.30
5	Zujaira	7.79	1.88	0.33	42.59	37.50	47.18	15.01
6	Iznalloz	7.73	2.02	0.24	15.57	26.25	32.50	15.26
7	Alhama de Granada	7.78	1.55	0.30	10.99	38.75	49.20	14.63
8	Loja	7.81	2.09	0.33	10.99	28.75	53.26	15.26
9	La Malá	7.57	1.52	0.28	16.95	22.50	28.81	14.75

datos obtenidos reflejan que existen notables diferencias en la productividad y rendimiento de los cultivos, así como en la masa nodular entre los distintos suelos empleados, con una elevada significación estadística ($P=0.001$).

Los valores más altos de nodulación se obtuvieron en los cultivos correspondientes a los suelos 1 y 2, como se refleja en el peso seco de nódulos/planta,

que también presentaron valores altos de productividad vegetal (peso seco de parte aérea y frutos), sugiriendo que las poblaciones autóctonas de *Rhizobium* en estos suelos son capaces de formar simbiosis efectivas con la planta utilizada. Sin embargo, no se puede hablar de una estrecha correlación entre masa nodular y productividad vegetal, según los resultados obtenidos. Sorwli y Mytton (20) obtuvieron resultados similares con plantas de *Vicia faba* y sugieren que existen otros factores, además de la masa nodular, determinantes de la fijación de nitrógeno en haba.

Las plantas noduladas se consideran que tienen unos altos requerimientos en fósforo (4). Greenwood *et al.* (10) encontraron que *Vicia faba*, *Phaseolus vulgaris* y *Pisum sativum* presentan unos requerimientos en fósforo más elevados que otros vegetales. Este hecho se pone de manifiesto en los cultivos estudiados puesto que la nodulación fue poco intensa en aquellos suelos donde los niveles de fósforo eran muy bajos (Tabla II).

El nivel de potasio en el suelo no afecta el proceso de nodulación de la planta, según los resultados obtenidos. Sin embargo, tanto el potasio como el fósforo son elementos nutritivos considerados de gran importancia en el metabolismo de la planta huésped en general y del desarrollo y metabolismo simbiótico en particular, por su influencia sobre distintos parámetros asociados con la fijación de nitrógeno en determinadas leguminosas (2, 9, 17). La concentración de potasio disponible en el suelo es normalmente elevada en los suelos agrícolas (8), tal es el caso de los suelos estudiados en nuestros experimentos. Los niveles más bajos se encuentran en los suelos 1 y 3, donde la nodulación y rendimiento de los cultivos ha sido elevada. En los suelos con baja productividad agrícola, como son los suelos 7 y 9, se puede decir que el nivel de potasio disponible no es limitante, como se demuestra en el análisis de potasio realizado (Tabla II).

Los niveles de carbonato cálcico obtenidos en los suelos no afectan de forma aparente el proceso de nodulación. Munns (14) describe la importancia que tiene el calcio en la nodulación, formación del nódulo e incluso en el crecimiento de *Rhizobium*. Sin embargo, al observar los datos obtenidos en el análisis de suelo (Tabla II), se evidencia que las plantas de guisante crecidas en los suelos con nivel de carbonato cálcico activo menor, suelos 1 y 3, presentan valores altos de nodulación y rendimiento de los cultivos. Esto se podría explicar considerando los valores de pH obtenidos en los distintos suelos. Todos ellos entran dentro de los límites de la neutralidad, por lo que los efectos beneficiosos del calcio deberán argumentar para suelos ácidos, que presentan grandes y controvertidos problemas respecto a la fijación de nitrógeno (6, 23). Los cultivos de guisante con mayor desarrollo radical se caracterizan también por tener un desarrollo de la nodulación intenso (11). El tamaño del sistema radical puede condicionar la capacidad de absorción de la raíz, estando influenciado por el tipo de fertilización y por la fijación de nitrógeno (22). En las leguminosas, la presencia de nódulos en las raíces añade una complicación al problema. De hecho, los sistemas radicales nodulados parecen ser metabólica-

mente más activos (19) que los sistemas radicales que carecen de nódulos. En experimentos realizados con leguminosas forrajeras se evidenció que las leguminosas grano, se observa una relación directa entre desarrollo radical y peso seco de nódulos en algunos de los cultivares estudiados.

La competencia entre los dos sistemas de suministrar nitrógeno a la planta (18) no se evidencia en los resultados obtenidos. Así, en suelos donde el nivel de N combinado es elevado (suelos 1 y 2) no se aprecian efectos negativos en la nodulación. Por el contrario, en el suelo 9, cuyo nivel de N. combinado es más bajo, los cultivos presentaron una nodulación muy escasa, lo que indica que el nitrógeno del suelo no siempre afecta negativamente la fijación simbiótica de nitrógeno. Los niveles de N. combinado del suelo pueden ejercer un efecto beneficioso sobre la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa, suprimiendo el "stress" de nitrógeno que puede sufrir el cultivo durante el crecimiento inicial de la planta (1). Las plántulas pueden absorber el N combinado del medio pocos días después de la germinación de las semillas, mientras que la formación de nódulos radicales efectivos para fijar nitrógeno requiere varias semanas (3).

TABLA III

Resultados correspondientes al peso seco, expresado en g.planta^{-1} , de parte aérea, raíz y frutos, número y peso seco de nódulos en mg. planta^{-1} , de plantas de guisante para cada uno de los suelos ensayados. Valores medios de 4 repeticiones.

Suelos	PS Parte aérea	PS Raíz	PS Frutos	N.º Nódulos	PS Nódulos
1	0.37	0.12	0.37	29.75	23.25
2	0.34	0.14	0.37	37.35	20.50
3	0.30	0.11	0.25	38.62	14.50
4	0.31	0.12	0.30	25.87	11.62
5	0.32	0.14	0.32	35.00	12.12
6	0.27	0.12	0.28	33.00	10.62
7	0.24	0.14	0.22	14.50	9.25
8	0.31	0.16	0.28	24.50	11.00
9	0.18	0.07	0.10	28.75	6.50
	0.05	0.03	0.06	6.15	3.45
M.D.S.0.01	0.07	0.04	0.08	8.34	4.68
	0.001	0.05	0.11	11.17	6.27
N.P.	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

TABLA IV

Resultados correspondientes al contenido de N. orgánico, expresado en % y mg.planta⁻¹, en parte aérea, raíz y frutos de plantas de guisante para cada uno de los suelos ensayados. Valores medios de 4 repeticiones.

Suelos	% N orgánico			mg de N orgánico		
	Parte aérea	Raíz	Frutos	Parte aérea	Raíz	Frutos
1	2.71	3.06	3.42	9.80	4.25	13.00
2	2.76	2.77	3.33	9.47	4.16	12.85
3	2.31	2.66	3.30	7.12	3.46	9.00
4	2.05	2.37	3.39	6.10	3.16	10.76
5	2.30	2.75	3.10	7.20	4.02	10.43
6	2.50	3.16	3.45	6.27	3.99	10.11
7	2.40	3.08	3.14	5.63	4.40	7.23
8	2.49	2.53	3.13	7.21	3.87	7.80
9	2.55	2.55	3.40	3.74	1.79	3.51
	0.05	0.20	0.25	0.29	0.81	1.02
M.D.S.	0.01	0.27	0.34	0.40	1.11	1.40
	0.01	0.38	0.47	0.55	1.26	1.93
N.P.	0.001	0.001	—	0.001	0.001	0.001

Análisis Químico de la Planta

En la Tabla IV se exponen los resultados relativos al contenido de N orgánico en % de materia seca y mg de N/planta, en parte aérea, raíz y frutos para cada suelo empleado. Los datos obtenidos presentan un elevado nivel de significación estadística ($P=0.001$).

El nitrógeno se acumula principalmente en el fruto al final de la etapa reproductora. El contenido total y % de N en frutos presenta valores superiores a los obtenidos en parte aérea y raíz, en general para todos los cultivos ensayados. Como elementos móvil que es, el nitrógeno cuando llega la madurez y senescencia del cultivo, se transporta a los órganos en crecimiento, el fruto, donde se acumula (13).

El rendimiento en materia seca y el contenido total de nitrógeno están fuertemente relacionados, pudiendo ser utilizados ambos parámetros para evaluar la fijación de nitrógeno en este tipo de experimentos (21). En aquellos suelos en los que la nodulación fue intensa (suelos 1 y 2) se obtuvieron elevados rendimientos en el contenido total de N orgánico acumulado en parte aérea y frutos, alcanzándose los valores máximos respecto al resto de los suelos ensayados.

Estos resultados, así como los obtenidos por otros investigadores (16, 20), sugieren que las limitaciones causadas por simbiosis poco efectivas o inadecuadas, son bastante frecuentes en las áreas agrícolas de clima templado, donde es frecuente el cultivo de leguminosas grano. Es evidente que las poblaciones autóctonas de *Rhizobium* presentes en el suelo muestran, con frecuencia, potenciales subóptimos en la fijación de nitrógeno y esta deficiencia puede ser corregida mediante la utilización de inoculantes bacterianos obtenidos con razas altamente efectivas y competitivas.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Abdel-Ghaffar, A.S. (1988). Nitrogen Fixation by Legumes in Mediterranean Agriculture. (D.P. Beck y L.A. Materon, Eds.), pp. 303-319. Martinus Nijhoff, Dordrecht, Boston, Lancaster.
- (2) Barte, A.L. (1982). *Crop Sci.*, 2, 89-92.
- (3) Beusichem van, M.L. y Langelaan, J.G. (1984). *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 15, 507-517.
- (4) Cassman, K.G.; Whitney, A.S. y Fox, R.L. (1981). *Agron. J.*, 73, 17-22.
- (5) C.I.E.T.A. Comité Inter-Institutos para el Estudio de Técnicas Analíticas de Diagnóstico Foliar (1969). *Ann. Edaf. Agrobiol.*, XXVII, 409-430.
- (6) Cooper, J.E., Wood, M. y Holding, A.J. (1983). Temperate Legumes. (D.J. Jones y D.R. Davies, Eds.), pp. 319-335. London.
- (7) Dowling, D.N. y Broughton, W.J. (1986). *Ann. Rev. Microbiol.*, 40, 131-157.
- (8) Freire, J.R.J. (1984). Biological Nitrogen Fixation. Ecology, Technology and Physiology. (M. Alexander, Ed.), pp. 51-74. Plenum Press, New York.
- (9) Gómez, J.M.F., Purcino, A.A.C. y Lynd, J.Q. (1983). *Commun. Soil Plant Anal.*, 14, 1133-1150.
- (10) Greenwood, D.J., Barnes, A., Liu, K., Hunt, J., Cleaver, T.J. y Loquens, S.M.H. (1980). *J. Sci. Food. Agric.*, 31, 1343-1353.
- (11) Ligeró, F. y Lluch, C. (1985). *Ann. Edaf. Agrobiol.*, XLIV, 735-766.
- (12) Ligeró, F., Lluch, C. y Olivares, J. (1986). *J. Plant Physiol.*, 125, 361-365.
- (13) Mengel, K. y Kirby, E.A. (1982). Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute Ed. Switzerland, 665p.
- (14) Munns, D.N. (1977). A Treatise on Dinitrogen Fixation. (R.W.F. Hardy y A.H. Gibson, Eds.), pp. 353-392. John Wiley and Sons. New York, London, Sidney, Toronto.
- (15) Mytton, L.R. (1981). Proceedings of the Fourth International Symposium on Dinitrogen Fixation. Canberra 1980. (A.H. Gibson y W.E. Newton, Eds.), p. 20.
- (16) Mytton, L.R. (1983). The Physiology, Genetics and Nodulation of Temperature Legumes. (D.G. Jones y D.R. Davies, Eds.), pp. 373-393. Pitman Books Ltd., London.
- (17) Purcino, A.A.C. y Lynd, J.O. (1986). *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 17, 1331-1354.
- (18) Rabie, R.K., Arima, Y. y Kumazawa, K. (1980). *Sci. Plant Nutr.*, 27, 106-109.
- (19) Ryle, G.J.A., Powell, C.E. y Gordon, A.J. (1978). *Ann. Bot.*, 42, 637-648.
- (20) Sorwli, F.K. y Mytton, L.R. (1986a). *Plant. Soil*, 92, 249-254.
- (21) Sorwli, F.K. y Mytton, L.R. (1986b). *Plant Soil*, 94, 267-275.
- (22) Thornley, J.H.M. (1972). *Ann. Bot.*, 36, 431-441.
- (23) Whelan, A.M. y Alexander, M. (1986). *Plant Soil*, 92, 363-371.