

Fertilización biológica del guisante

Mediante fijación biológica por simbiosis entre las leguminosas y las bacterias del género *Rhizobium*

Se estima que, en la mayoría de los casos, entre el 30 y el 40% de nitrógeno aplicado al suelo es utilizado por la planta, perdiéndose el resto y originando serios problemas medioambientales. El guisante, además de jugar un papel importante en las rotaciones intensivas, tiene la capacidad para fijar nitrógeno atmosférico al establecer simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, cediendo éstas el nitrógeno fijado a la planta y, a su vez, suministrando el guisante los carbohidratos necesarios para la pervivencia de la bacteria, estimándose la fijación anual en 85 kg N₂/ha.

A.P. Rodiño, M. Santalla,
A.M. De Ron.

Misión Biológica de Galicia.
Consejo Superior de
Investigaciones Científicas.
Pontevedra.



El guisante (*Pisum sativum* L.) es un cultivo tradicional en el sur de Europa y ha sido un importante componente de las dietas humanas durante siglos. Presenta diversos usos, para alimentación humana (grano verde y vaina) y para alimentación animal (grano seco). Las semillas representan una fuente de proteína de alta calidad y son ricas en varios elementos minerales. En los últimos años, y debido a la grave crisis en el sector alimentario provocada por la enfermedad EBB, se ha avanzado mucho en el estudio del guisante seco para la alimentación animal, aumentándose considerablemente la producción en Europa. En las próxi-

mas décadas, el incremento de la población mundial, junto con las crecientes necesidades de alimentos de alta calidad, dará lugar a importantes demandas en la agricultura. Como resultado de esta demanda, la producción de guisante se ha extendido a áreas de suelos marginales. Agronómicamente, el guisante puede jugar un papel importante en la intensificación de rotaciones de cultivos como una alternativa a las tradicionales rotaciones. Aún así, a pesar del aumento de la producción, la superficie de cultivo se ha ido reduciendo, incrementándose las importaciones del mismo (figura 1). El guisante tiene también capacidad para fijar N₂ atmosférico al establecer

simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*.

El abonado nitrogenado y su influencia en el medio ambiente

La producción de guisante está a menudo limitada por la deficiencia de nitrógeno bajo condiciones agronómicas, siendo el factor limitante más común para el crecimiento de las plantas. Los fertilizantes nitrogenados son ampliamente utilizados para corregir esta deficiencia y elevar los rendimientos de las cosechas. No obstante, el objetivo actual de una producción sostenible no sólo se basa en conseguir altos rendimientos con buena calidad de producto y a menor coste, sino que también busca la protección del medio ambiente. El uso de fertilizantes nitrogenados ha aumentado en los últimos años en países en vías de desarrollo y ya desde 1990 se ha excedido el porcentaje de aplicación en relación a los países desarrollados. En estos países, la aplicación de fertilizantes nitrogenados ha disminuido desde los últimos quince años. En la mayoría de los casos, sólo el 30-40% del nitrógeno aplicado es utilizado por la planta y el resto se pierde en la atmósfera o en el suelo, produciendo así graves problemas medioambientales. Países como Egipto o México usan un millón de toneladas métricas por año de fertilizantes nitrogenados y con sólo una tercera parte de los mismos podrían obtener la misma producción del cultivo. En este sentido, asegurar

la eficiencia del uso de estos fertilizantes es una de las mayores tareas en el desarrollo de programas agrícolas en algunos países en desarrollo. Es obvio que las leguminosas como el guisante ayudan a aumentar la fertilidad del suelo y la fijación de nitrógeno tiene otras ventajas en el agro-ecosistema, como mejorar la estructura del suelo, proteger de la erosión y contribuir a aumentar la diversidad biológica. Este fin se puede lograr mediante una nutrición integrada de la planta.

Fijación de nitrógeno atmosférico

Así, la estrategia es utilizar como fuente de nitrógeno proce-

sos biológicos como la fijación de nitrógeno atmosférico por medio de la simbiosis entre las leguminosas y las bacterias del género *Rhizobium*. La fijación biológica de nitrógeno es una fuente alternativa a la fertilización con nitrógeno inorgánico y que tiene un gran valor económico y medioambiental. En la naturaleza, la fijación biológica de nitrógeno se ha estimado en 150 millones de toneladas al año (figura 2), de las cuales la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa proporciona el 40%. Estas cifras podrían incrementarse mediante la explotación racional de esta capacidad de las leguminosas, lo que contribuiría a una menor dependencia de fertilizantes nitrogenados, cuyo coste

FIGURA 1.

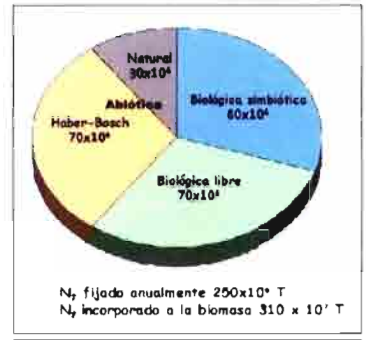
Importaciones y exportaciones del guisante seco en los últimos años



ha aumentado en los últimos años. Es importante inocular variedades de guisante con cepas de *Rhizobium* que sean efectivas para evitar el uso abusivo de fertilizantes nitrogenados, con el consiguiente ahorro en el consumo de energía y la disminución de

FIGURA 2.

Porcentaje de los diferentes tipos de fijación de nitrógeno



la degradación del medio. Para un sistema de agricultura sostenible es necesario maximizar la fijación de nitrógeno por medio de leguminosas como el guisante, manteniendo así el pH óptimo del suelo y aumentando la fertilidad del mismo. Además, en la actualidad es posible incrementar el proceso mejorando la eficiencia de la asociación por medio de la doble mejora genética de la planta y de la bacteria, determinando las combinaciones que mejor funcionen en un ambiente dado. Un



Selección de líneas de mejora a partir de variedades locales.

Cardans - Reductores - Multiplicadores



CALIDAD.

GARANTIA.

SERVICIO

AGRINAVA

Polígono Industrial Agustinos,
Calle A, Nave D-13
31013 PAMPLONA - Navarra - España
Tels: 902 312 318
Fax: 948 312 341
e-mail: agrinava@agrinava.com
www.agrinava.com



Nudos fabricados en forja, para las más exigentes necesidades de la Maquinaria Agrícola



objetivo importante sería conocer el complejo guisante-*Rhizobium* en la región e identificar las interacciones bacteria-planta que afectan a la fijación biológica de nitrógeno en las variedades de guisante más usadas por el agricultor. Así, el conocimiento adquirido podrá ser usado para promover la agricultura sostenible en la región. La fijación simbiótica de nitrógeno (FSN) proporciona más nitrógeno a los ecosistemas agrícolas que la cantidad total de fertilizantes nitrogenados aplicados. Este sistema proporciona una alternativa ecológicamente aceptable a las altas aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, sobre todo en Europa, y una alternativa económica al limitado acceso de los países en desarrollo a estos fertilizantes.

Proceso de fijación

La fijación de nitrógeno ocurre por la asociación simbiótica que establece la planta con algunas bacterias de la familia *Rhizobiaceae* y que infectan las raíces de las plantas formando nódulos. Las bacterias ceden el nitrógeno fijado a la planta y a su vez ésta le suministra al nódulo los carbohidratos que proveen la energía necesaria para el proceso de fijación. Un método para aumentar la producción de las leguminosas en muchos suelos es la inoculación de las semillas con estas cepas de *Rhizobium* específicamente seleccionadas. Las leguminosas por medio de la simbiosis pueden fijar de 50 a 300 kg de N_2 /ha/año. En el caso del guisante, la cantidad aproximada de nitrógeno atmosférico fijado oscila en torno a los 85 kg de N_2 /ha/año. Por lo tanto, es muy importante desde el punto de vista agrícola la fijación simbiótica de las leguminosas, originándose la necesidad de desarrollar una tecnología adecuada para maximizar el aprovechamiento de este recurso natural. La clasificación del género *Rhizobium* en especies se ha hecho en función de la distinta capacidad para nodular las diversas especies de leguminosas, ya que existe cierta es-

CUADRO I.
ESPECIES DEL GÉNERO RHIZOBIUM Y SUS GÉNEROS HOSPEDANTES.

BACTERIA		GÉNEROS HOSPEDANTES
<i>Rhizobium etli</i>	bv. phaseoli	Phaseolus (judía)
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	bv. trifolii bv. phaseoli bv. viceae	Trifolium (trébol) Phaseolus (judía) Lathyrus (almorta), Lens (lentejas), Pisum (guisante), Vicia (haba)
<i>Rhizobium tropici</i>		Phaseolus (judía), Leucaena
<i>Rhizobium gallicum</i>	bv. gallicum bv. phaseoli	Phaseolus (judía), Onobrychis (esparceta) Phaseolus (judía)
<i>Rhizobium giardinii</i>	bv. giardinii bv. phaseoli	Phaseolus (judía), Leucaena (mimosa) Phaseolus (judía)

pecificidad en la simbiosis entre la bacteria y la planta hospedante. El **cuadro I** presenta las especies actualmente reconocidas del género *Rhizobium* y sus plantas hospedantes más comunes.

La nodulación en las leguminosas se ve influida tanto por factores ambientales como por los genéticos propios de ambos simbiotes. La existencia de nodulación, la abundancia o escasez de nódulos, su tamaño, el tiempo entre la germinación y la aparición de los nódulos visibles son caracteres que dependen de la planta huésped y de la bacteria. Los factores ambientales que afectan a la nodulación son la temperatura, el pH, la humedad, la presencia de nitrógeno combinado y los microorganismos del suelo. La fertilización con nitróge-

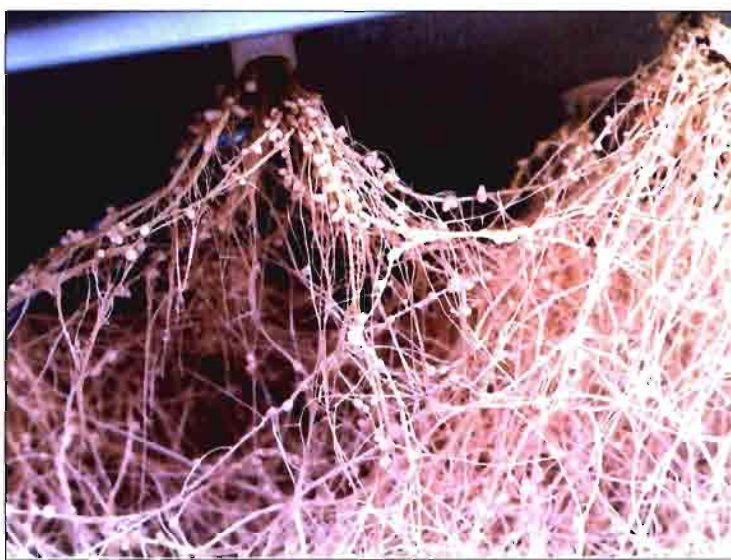
no tiene, en general, una gran influencia en la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa, al inhibir la nodulación y la consiguiente fijación de nitrógeno. La inhibición depende de la dosis, momento de empleo y tipo de fertilizante. El tratamiento con ciertos productos fitosanitarios, especialmente algunos fungicidas aplicados a la semilla, también pueden crear problemas en la viabilidad de las cepas de los inóculos e inhibir fuertemente la nodulación. Es conveniente la inoculación del suelo para que sean las cepas inoculadas las que formen una alta proporción de nódulos en la especie huésped. La dosis empleada en ensayos experimentales es de 10-20 kg de inoculante ha⁻¹.

La fijación de nitrógeno sólo ocurre en presencia de una o va-

rias cepas efectivas de *Rhizobium* que pueden infectar la raíz y formar los nódulos. Si estas cepas no existen en el suelo, será necesario introducirlas y la forma más sencilla es inocular las semillas con un cultivo apropiado de *Rhizobium*, que se conoce con el nombre de "inoculante". El uso de inoculantes comienza poco después de haberse aislado la bacteria responsable de la nodulación en 1890. A pesar de conocerse las ventajas de la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa, hay una laguna en cuanto a su utilización práctica motivada quizá por la falta de divulgación hacia el agricultor o por las dificultades de fabricar inoculantes de calidad.

Programa de mejora de guisante

Ya desde 1992, existe un programa de mejora genética de guisante seco proteaginoso para alimentación animal desarrollado por el grupo de investigación de Mejora de Leguminosas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en colaboración con la Universidad de Santiago de Compostela (USC). En este programa se han seleccionado líneas de mejora a partir de variedades locales de guisante que están adaptadas a diferentes áreas de cultivo, incluyendo zonas con condiciones agroecológicas adversas. Los criterios para la selección de estas líneas fueron el contenido proteico, la precocidad y el rendimiento. Se



Nódulos extraídos de los diferentes muestreos.

ha comenzado en estas líneas el estudio de la fijación simbiótica de nitrógeno y para ello se recogen varias plantas en plena floración y se observa así la nodulación que presentan y el crecimiento de las mismas. Los ensayos se han realizado en zonas con importante actividad ganadera y posibilidades para la producción agraria. El objetivo final es conseguir una producción sostenible de grano proteaginoso que pueda abastecer a explotaciones ganaderas de la zona a fin de reducir costes y hacer rentable el cultivo de guisante. Esta observación de la nodulación y el crecimiento de la planta intenta evaluar la actividad simbiótica sin cuantificarla. Además, se está poniendo a punto la técnica para aislar las cepas de *Rhizobium* obtenidas de las plantas y conseguir una colección de bacterias. Esto se realizará a partir de los nódulos extraídos de los diferentes muestreos, cuando las plantas están en plena floración que es cuando los nódulos están más activos. En general, las líneas estudiadas no presentaron una buena nodulación y la línea comercial ZP-1233 es la que peor potencial de fijación tiene. El que haya pocos nódulos se debe a que hay en el suelo una alta cantidad de nitrógeno mineral e inhibe la nodulación y la actividad de los mismos. Además, los análisis de suelo revelan que es un suelo ácido, con mucha materia orgánica y poco fósforo disponible. La evaluación agronómica de la simbiosis guisante-*Rhizobium* tiene como objetivo proporcionar información para seleccionar líneas que tengan un elevado potencial para fijar N₂ atmosférico en condiciones locales determinadas. Las poblaciones de cepas nativas de *Rhizobium* son adecuadas para inducir nodulación en las variedades de guisante evaluadas. La evaluación del potencial de las cepas nativas para fijar nitrógeno atmosférico es el primer paso necesario en cualquier estudio de la simbiosis *Rhizobium*-guisante. Para poder obtener los inoculantes, es necesario tener un trabajo previo de selección de cepas para

determinar las de mayor capacidad fijadora en las condiciones en las que se realiza el cultivo.

Investigación actual y futura

En Australia y en los Estados Unidos la inoculación de las leguminosas ha jugado un papel fundamental en el establecimiento de los pastos y sistemas de cultivo. En los últimos años, la investigación se ha encaminado hacia la protección del medio ambiente, intentando atenuar la contaminación ambiental y luchar contra la pérdida irreparable de los recursos naturales. Esto supone la práctica de una agricultura sostenible y es aquí donde procesos biológicos como la fijación de nitrógeno atmosférico juega un papel importante. Ésta es una fuente natural de nitrógeno, sin riesgos de contaminación por el empleo de fertilizantes, ofreciendo alimentos de mejor calidad proteica y libres de residuos químicos y reduciendo la erosionabilidad de los suelos. Este trabajo es experimental, debido a la especificidad de la simbiosis, sería necesario ampliarlo a diferentes suelos representativos de la región.

Así, se podrá seleccionar germoplasma de guisante que tenga un elevado potencial para fijar nitrógeno atmosférico y, en el caso del uso de un inoculante, seleccionar tanto las cepas de *Rhizobium* como las variedades de guisante que fijen mejor con la combinación inoculante-cepa nativa. Será interesante realizar un experimento de campo para ver la efectividad de la simbiosis tanto con cepas nativas como con inoculantes, aplicando diferentes proporciones de fertilizantes nitrogenados. Así, se pretende conseguir una mejora en el sistema de nodulación y poder desarrollar variedades interesantes desde el punto de vista de la simbiosis y un importante futuro para el aprovechamiento de tierras pobres e infértiles. ■

mínimo laboreo • mínimo coste •
• máxima eficacia • máxima rentabilidad



- **MINIMO Laboreo:** El MINI de OVLAC está concebido para realizar labores ligeras de mezcla y enterrado de residuos vegetales.

- **MINIMO Coste:** El reducido consumo de potencia del MINI de OVLAC le permite trabajar con grandes anchuras y a gran velocidad aumentando sus rendimientos. Asimismo, el novedoso diseño del cuerpo y el uso de punta reversible garantizan un mínimo coste de mantenimiento.

- **Máxima Eficacia:** La seguridad Non-Stop de ballesta (libre de mantenimiento), su gran despeje, el sistema de enganche oscilante con bloqueo y la construcción robusta y fiable del MINI garantizan un comportamiento óptimo en los terrenos más difíciles.



OVLAC 

Pol. I. Ntra. Señora de los Angeles,
C/Sevilla P-27 y 28 · 34004 PALENCIA-ESPAÑA
Tel.: +34 979 16 53 30 Telefax: 979 72 93 15.
E-mail: comercial@ovlac.com www.ovlac.com