

The background of the slide is a dark green color with a pattern of lighter green, semi-transparent leaves and root-like shapes. The text is centered and reads:

**RIZOBACTERIAS
PROMOTORAS DEL
CRECIMIENTO VEGETAL
(PGPRs)**

INTRODUCCIÓN

- Kloepper *et al.* en 1980 (1978).
- Definición: bacterias que se desarrollan en el ecosistema rizosférico y que pueden estimular el crecimiento de las plantas.
- Características:
 - ↑ densidad poblacional en la rizosfera después de su inoculación en las plantas.
 - Capacidad de colonización efectiva en la superficie de la raíz.
 - Control de manera natural y eficiente a otros microorganismos del suelo capaces de enfermar a las plantas.
 - No produzcan daño en el ser humano.

MECANISMOS DE ACCIÓN

- Mecanismos de acción indirectos: se basan en procesos que ocurren fuera de la planta.
- Mecanismos de acción directos: se basan en procesos que ocurren en el interior de la planta.



Requiere la participación de procesos metabólicos de la planta.

Mecanismos indirectos

- Aquellos que resulten de una actividad bacteriana que ponga más nutrientes a disposición de la planta.
- La inhibición de microorganismos que alteren negativamente el crecimiento de la planta.
- La fijación biológica del nitrógeno en el sistema rizosférico, fijación libre, que pone a disposición de la planta nitrógeno asimilable.

Mecanismos directos

- Los que alteran los niveles hormonales de la planta.
- Los que inducen un cambio en el metabolismo de la planta que suponga una mejora de su capacidad adaptativa.

CLASIFICACIÓN

- PGPRs de acción indirecta:
 - Fijadoras libres de N_2 .
 - Productoras de sideróforos.
 - Solubilizadoras de fosfatos.
- PGPRs de acción directa:
 - Modificadoras de los niveles reguladores de crecimiento de la planta.
 - Inductoras de resistencia sistémica en plantas.

- **Fijadoras libres de N₂**

- N:

- Nutriente limitante para la planta.
- Abunda forma inorgánica: N₂.
- Formas asimilables: NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻.

- Fijan el N₂ cerca de las raíces, pero sin penetrar en sus tejidos.

Asociación rizosférica.

- Géneros: *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Burkholderia*, *Herbaspirillum* y *Bacillus*.

- ¿Es realmente tan beneficioso este mecanismo para la planta?

Proceso de fijación del N_2 muy costoso.



Eficientes mecanismos para provechar al máximo el N_2 fijado.



Escapa poca cantidad de N.



Escaso beneficio para la planta.

■ Línea de investigación:

- Empleo de bacterias fijadoras de N_2 en vida libre poco eficaces para retener el N_2 fijado.
- Problema: escasa competitividad frente a bacterias presentes en el sistema rizosférico.
- Solución: tratar las plantas con reguladores de crecimiento sintéticos que induzcan pequeñas tumoraciones al nivel de las raíces laterales (paranódulos).
- Se ha ensayado en maíz, trigo, colza y arroz.

• Productoras de sideróforos

■ Fe:

- Es esencial para las plantas, actuando como cofactor de numerosas enzimas.
- En el suelo suelen predominar las formas oxidadas (Fe_3^+), que forman hidróxidos y óxidos insolubles.

■ Estrategias de las plantas para absorber el Fe:

- II. Absorber el complejo [compuesto orgánico-Fe] y, en el interior, reducir el Fe a su forma asimilable (Fe_2^+).
- I. Liberar compuestos orgánicos (sideróforos) capaces de quelar el Fe y solubilizarlo. Después, un sistema enzimático presente en la memb. plasmática de la planta, lo reduce y lo absorbe.

- Género *Pseudomonas*:
P. fluorescens



- Acción de los sideróforos:
 - Mejora la nutrición de la planta al facilitar la absorción del Fe.
 - Mejora la capacidad competitiva de la bacteria en el medio, ya que presenta actividad antibiótica.
 - Dificulta el crecimiento de microorganismos patógenos (hongos) que no tienen mecanismos adecuados para capturar el Fe acomplexado con los sideróforos.

• Solubilizadoras de fosfatos

■ P:

- Limita el crecimiento de las plantas.
- En el suelo, las reservas son muy abundantes, pero las formas en las que se acumula no son utilizables por las plantas. Existe otra reserva: P asociado a materia orgánica.
 - Constituye 30-50% del P total.
 - Debe ser mineralizado.

- ## ■ Géneros: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Acromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Aerobacter*, *Flavobacterium*, *Chryseobacterium* y *Erwinia*.

- Mecanismos:

1. Mediante la liberación de ácidos orgánicos que interaccionan iónicamente con los cationes de las sales fosfatadas.

Solubilizan los complejos Ca-P, Fe-P, Mn-P y Al-P.

2. Mediante la liberación de fosfatasas, que liberan grupos fosfato ligados a la materia orgánica.

• **Modificadoras de los niveles reguladores de crecimiento de plantas**

■ Mecanismos:

- Provocando la pérdida de hormonas a través de la raíz.
- Produciendo y liberando reguladores de crecimiento (RCs) que sean incorporados por las plantas.

■ RCs:

- Auxinas y etileno → Producidas de forma habitual.
- Citoquininas → Producidas con < frecuencia.
- Giberelinas → En 2 cepas del Género *Bacillus* aisladas en *Alnus glutinosa*.

■ RCs en el interior de la planta → Tener en cuenta los aspectos fisiológicos propios del mecanismo de acción de cada uno de los RCs considerados:

- Auxinas → Promueven la formación de nuevas raíces.

- Giberelinas } Implica efectos más amplios en
y citoquininas } toda la planta.

- Etileno → Inhibe el crecimiento en longitud de la raíz.

- Microorganismos capaces de degradar precursores de RCs.

Ej: Aminociclopropanocarboxílico (ACC) es precursor directo del etileno.



• Inductoras de resistencia sistémica en plantas

- Respuesta sistémica inducida (ISR):
 - Van Loon *et al.* en 1998.
 - Mecanismo: dispara en planta una respuesta que la hace resistente al ataque posterior del patógeno.
 - Respuesta sistémica.
 - Tiempo para que se induzca los genes implicados en la respuesta.
 - Respuesta de carácter inmunitario.
 - Es muy específica.

(Pieterse *et al.*, 2001):

- Mediadores químicos: ác. salicílico y el tándem etileno-jasmónico.
- Proteínas de resistencia: son \neq en cada respuesta.
- No todas las plantas son capaces de generar esta respuesta.

PERSPECTIVAS DE FUTURO

- Registro de un producto basado en el uso de PGPRs:
 - Determinación de su inocuidad para el ser humano y el ambiente.
 - Persistencia en el ambiente.
 - Potencial de transferencia horizontal de genes.
- Actualmente, existen dos clases de inoculantes:
 - Bioplaguicidas .
 - Biofertilizantes.

- El éxito de estos productos dependerá de la modificación genética de las cepas PGPR para mejorar su rendimiento.
- Modificaciones:
 - eliminación de un gen que limite la capacidad del microorganismo de producir un compuesto beneficioso para las plantas.
 - incorporar una serie de genes que permitan que un microorganismo tenga múltiples efectos beneficiosos para el crecimiento.