

# **Rhizosphere: the Soil/Root Interface and its Importance for Sustainable Agricultural Production with Emphasis on Resistance to Pests and Diseases**

*Rizosfera: zona de transição solo/raiz e sua importância para uma produção agrícola sustentável com ênfase na resistência a pestes e doenças*

**Volker Römheld**

Institute of Plant Nutrition, University Hohenheim  
70599 Stuttgart Germany

## 1. Question:

What kind of relationships exist between rhizosphere and disease / pest resistance of crop plants?

## 1. Pergunta:

*Que tipo de relacionamento existe entre a rizosfera e a resistência a pestes e doenças nas culturas agrícolas?*

**Mildew (*Erysiphe graminis*)  
in wheat**

*Oídio (Erysiphe graminis) no  
trigo*





**Take-all (*Gaeumannomyces graminis*) in wheat**  
*Podridão radicular (*Gaeumannomyces graminis*) no trigo*



**Take-all disease in sugarcane (Sao Paulo, Brazil)**  
*Podridão radicular em cana-de-açúcar (São Paulo)*



**C.V.C.: citrus variegated chlorosis (*Xylella fastidiosa*) (Sao Paulo)**

***C.V.C.: Clorose variegada dos citros / Amarelinho (*Xylella fastidiosa*)***



**Rice blast (*Pyricularia grisea*) (*Magnaporthe grisea*)**  
***Brusone* (*Pyricularia grisea*) (*Magnaporthe grisea*)**

From the following nutrients it is well know, that they can effect disease resistance:

Mn, Zn, Cu, B, Fe,  
Si, K, N

*Dos nutrientes a seguir, é bem conhecido que estes podem influenciar na resistência a doenças:*

Mn, Zn, Cu, B, Fe,  
Si, K, N





**Can we improve disease / pest resistance by foliar or soil application of nutrients?**  
*Podemos melhorar a resistência a pestes e doenças através de aplicação foliar/solo de nutrientes?*

# Reported\* Effects of Nutrients on Disease

## *Relatos\* dos efeitos dos nutrientes nas doenças*

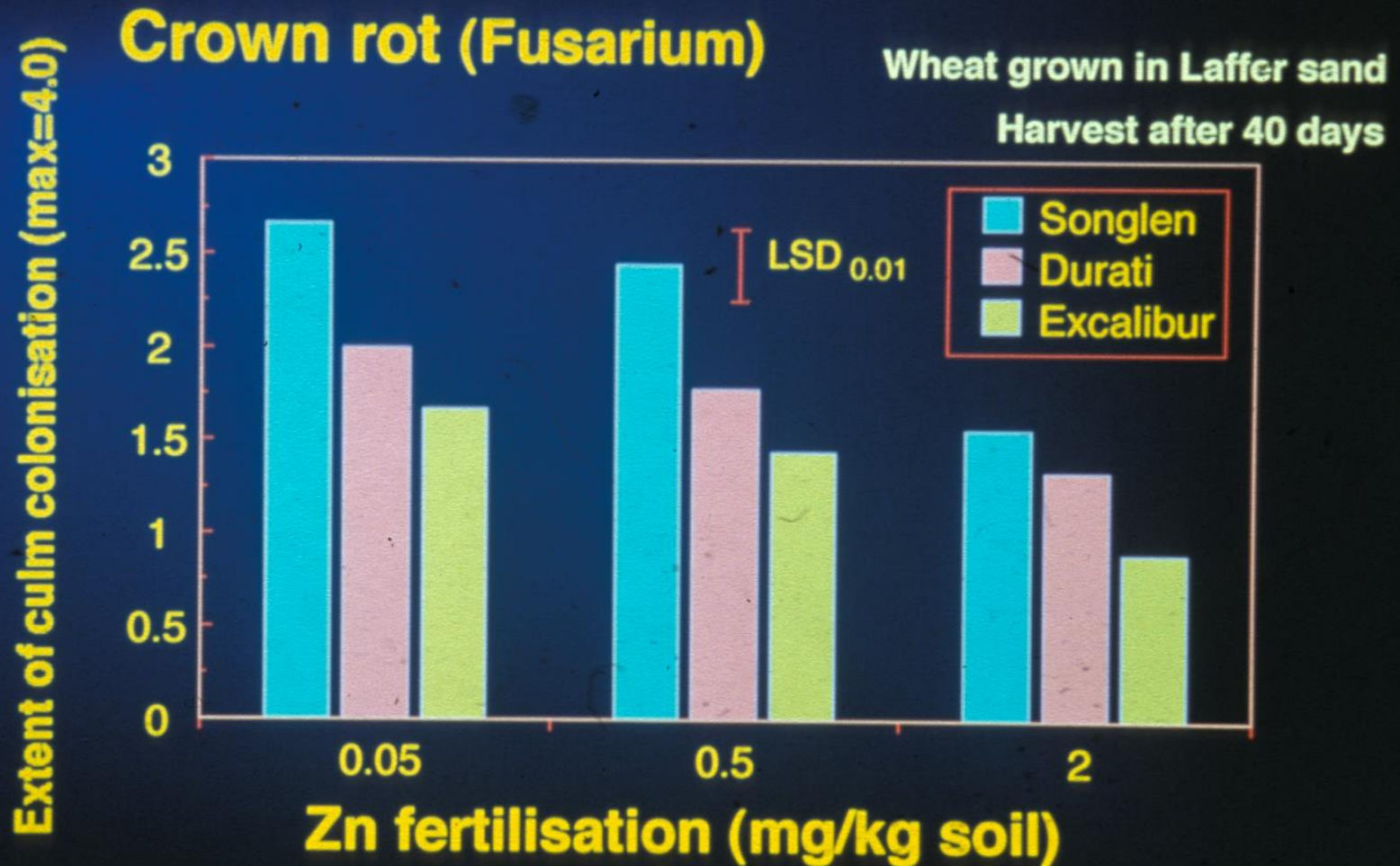
Mineral element	Disease		
	Decreased	Increased	Variable
<b>Nitrogen</b> (N/NH <sub>4</sub> /NO <sub>3</sub> )	168	233	17
Phosphorus (P)	82	42	2
<b>Potassium</b> (K)	144	52	12
Calcium (Ca)	66	17	4
Magnesium (Mg)	18	12	2
<b>Manganese</b> (Mn)	68	13	2
Copper (Cu)	49	3	0
<b>Zinc</b> (Zn)	23	10	3
Boron (B)	25	4	0
Iron (Fe)	17	7	0
Sulfer (S)	11	3	0
<b>Other</b> (Si, Cl, etc.)	71	6	8

\*Based on 1,200 reports in the literature



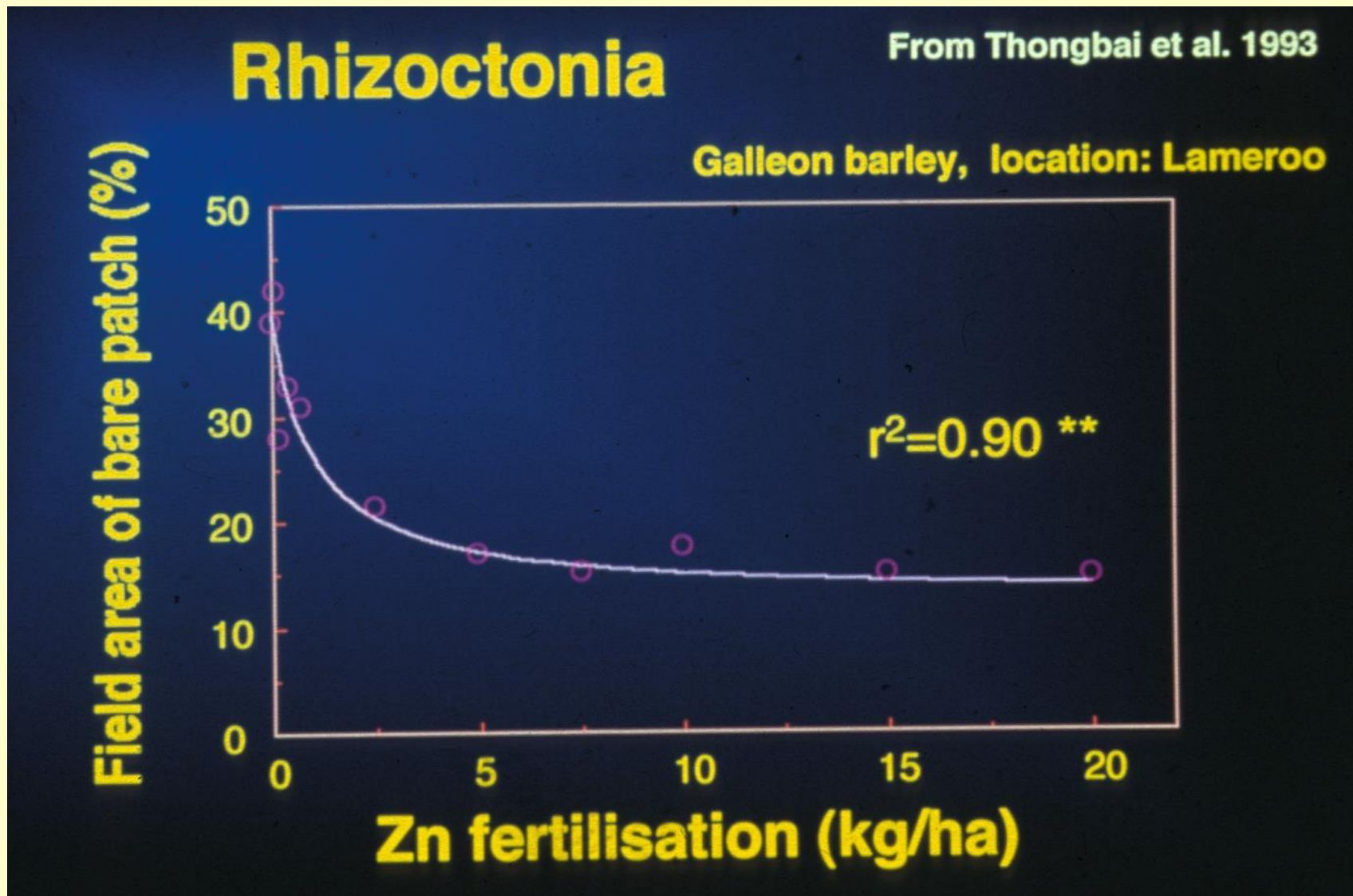
Potato leaves: *Alternaria solani*    *Folhas de batata: Alternaria solani*

# *Efeitos da fertilização com zinco sobre a severidade do Fusarium (Fusariose)*



From Grewal et al. 1994

# *Efeitos da fertilização com zinco sobre a severidade da Rhizoctonia*



Yes, soil or foliar application of distinct nutrients (K, Mn, Zn, B) or minerals (Si) can enhance disease / pest resistance!

*Sim, aplicação foliar de nutrientes (K, Mn, Zn) ou minerais (Si) pode aumentar a resistência a pestes e doenças!*



**Nutrient supply instead of toxic fungicides or insecticides!**  
*Suprir a falta de nutrientes ao invés de fungicidas ou inseticidas!*

## 2. Question:

Can nutrient supply for disease resistance be replaced by modulation of rhizosphere conditions for a better mobilization of these distinct minerals (Mn, Zn, K, Si)?

## 2. Pergunta:

*O suprimento de nutrientes para resistência às doenças pode ser reposto através do manejo das condições da rizosfera, para esta ter uma melhor mobilização destes minerais (Mn, Zn, K, Si)?*



Yes, an adapted rhizosphere management can result in sufficient suppression of distinct diseases / pests!

### 3 Examples:

- Take-all in wheat (sugarcane)
- Powdery mildew in wheat (cucumber)
- C.V.C. (*Xylella fastidiosa*) in citrus

*Sim, uma adaptação da rizosfera pode resultar numa suficiente supressão de pestes e doenças!*

### 3 Exemplos:

- *Podridão radicular no trigo (cana-de-açúcar)*
- *Oídio no trigo (pepino)*
- *C.V.C. (*Xylella fastidiosa*) nos citros*

# 1. Example: Take-all in wheat (or sugarcane)



Black coloured, dead roots by take-all in wheat

*Raízes de trigo, atacadas pela Podridão radicular*

Example: take-all in wheat *Podridão radicular no trigo*



90 kg/ha N applied

90 kg/ha N + a nitrification inhibitor applied

Ammonium application together with nitrification inhibitor can suppress take-all via lowering rhizosphere pH

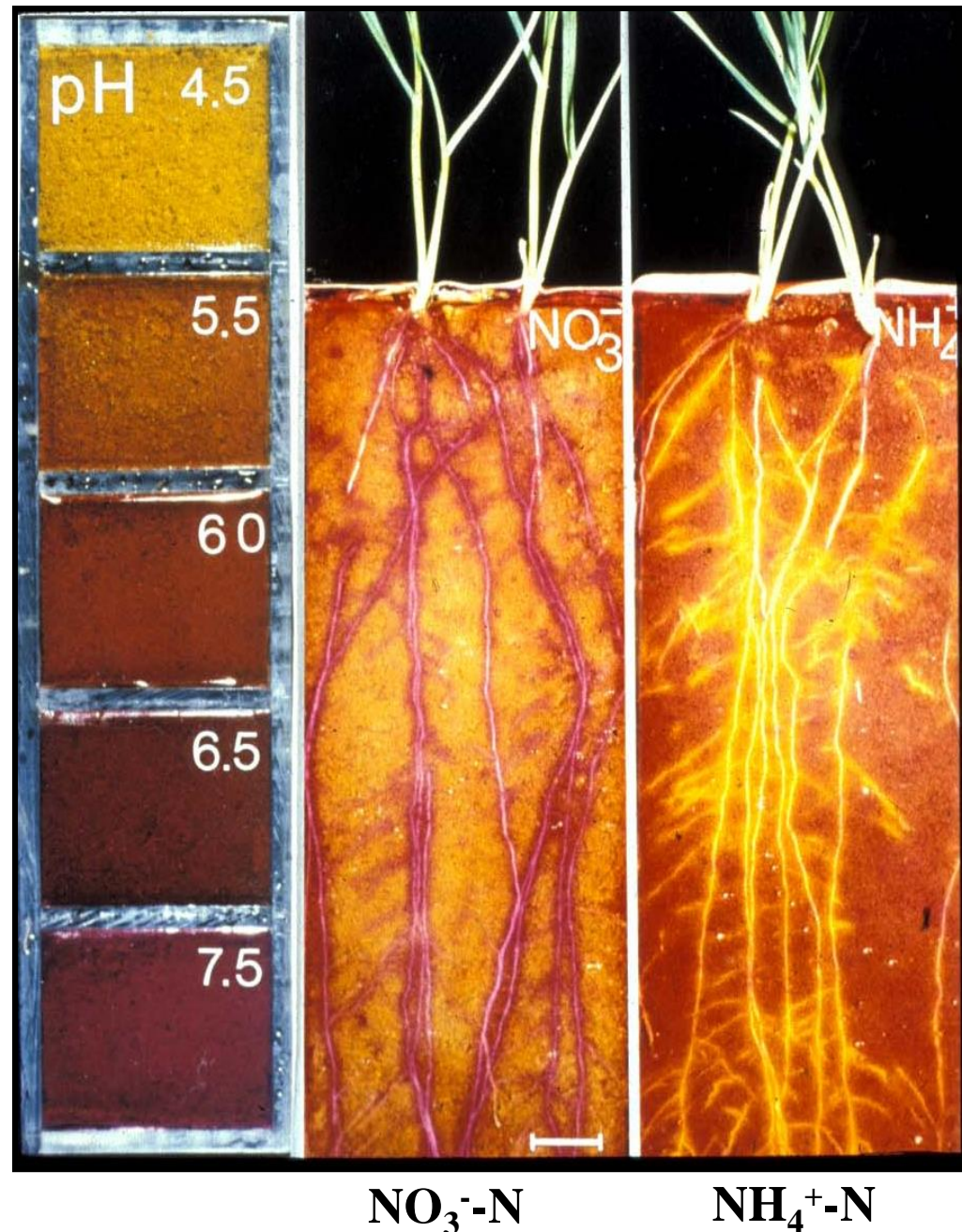
*Aplicação de amônia em conjunto com inibidores de nitrificação pode suprimir a Podridão radicular pela redução do pH na rizosfera*

Effect of N form on  
rhizosphere pH

*Efeito da forma de N  
no pH da rizosfera*

Rhizosphere acidification  
directly inhibits growth of  
fungal hyphae and  
infection rate by take-all.

*O aumento da acidez na  
rizosfera inibe  
diretamente o crescimento  
de fungos e a taxa de  
infecção pela Podridão  
radicular*



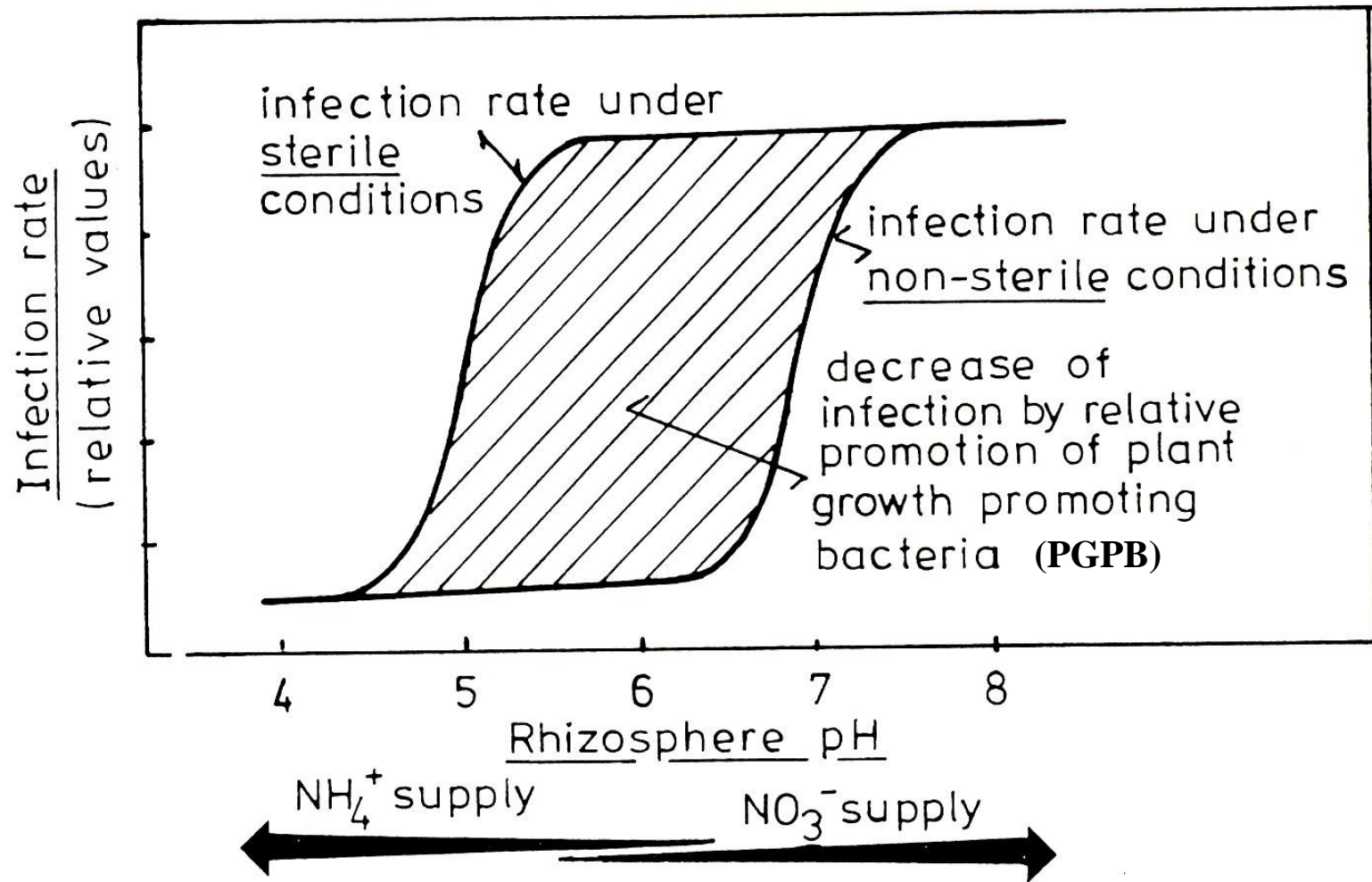


Figure 7. Relationship between infection of wheat (*Triticum aestivum* L.) with *Gaeumannomyces graminis* and rhizosphere pH as affected by form of N supply. (Based on Smiley and Cook, 1973; schematical presentation).

*Relações entre o pH da rizosfera e a taxa de infecção de Podridão radicular*

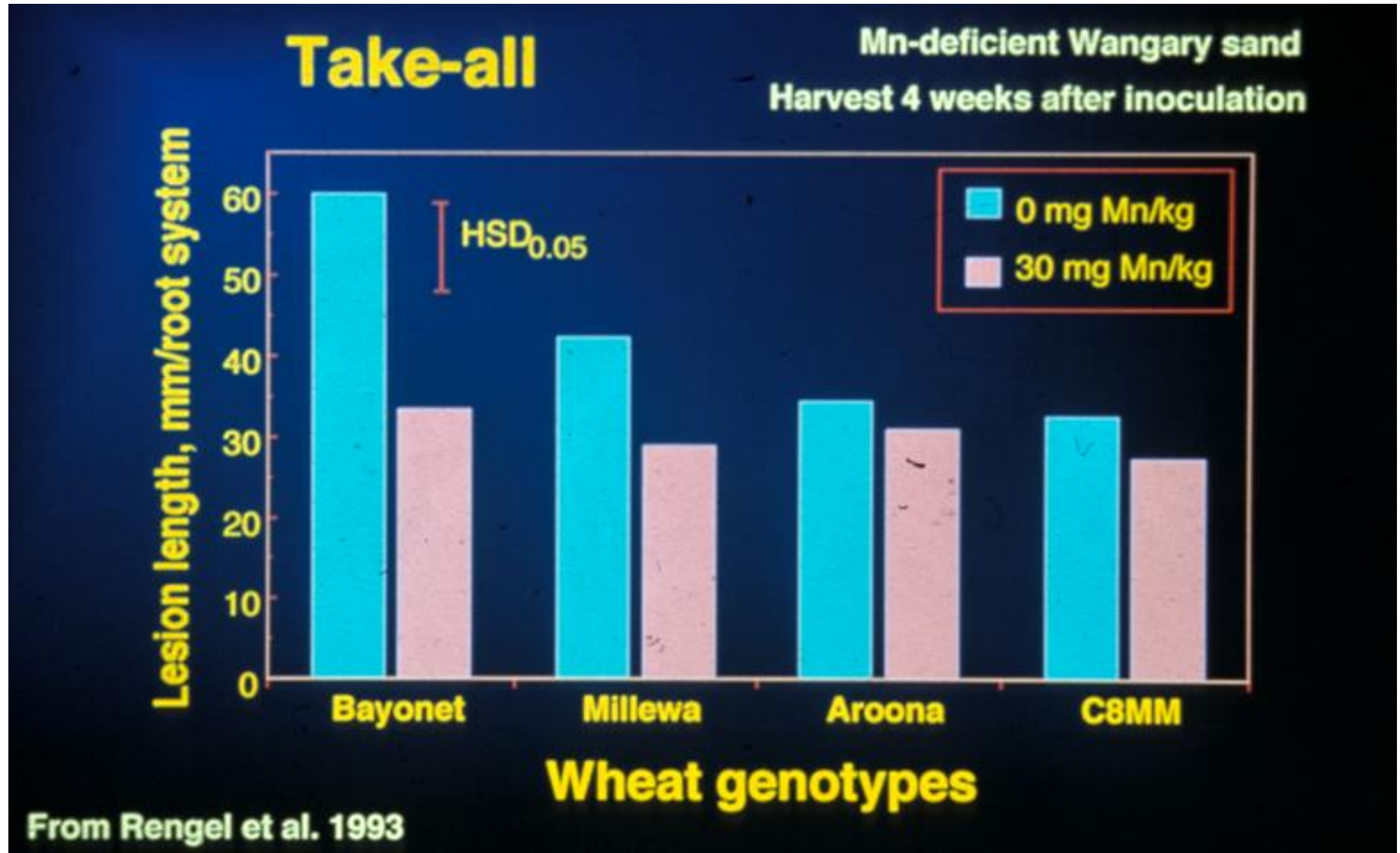
(Römheld, 1990; Symbiosis 9, 19-27)

# Factors Affecting Mn Availability and Severity of Take-all

## *Fatores que afetam a disponibilidade de Mn e severidade da Podridão radicular*

Soil Factor or Cultural Practice	Effect on:	
	Mn Availability	Take- all severity
Low Soil pH	Increase	Decrease
Ammonium Fertilizers	Increase	Decrease
<b>Nitrification Inhibitors</b>	<b>Increase</b>	<b>Decrease</b>
<b>Chloride Fertilizer</b>	<b>Increase</b>	<b>Decrease</b>
<b>Oat Precrop</b>	<b>Increase</b>	<b>Decrease</b>
Lupin precrop	Increase	Decrease
Mn-fertilizer	Increase	Decrease
High Soil pH	Decrease	Increase
Lime	Decrease	Increase
Nitrate Fertilizers	Decrease	Increase
Manure	Decrease	Increase
Soybean/ alfalfa precrop	Decrease	Increase
Low Soil Temperature	Decrease	Increase

**Effect of Mn fertilization and Mn efficiency of a genotype on severity of take-all.** *Efeitos da aplicação de Mn e sua eficiência sobre os genótipos de trigo no combate à Podridão radicular*



(Rengel et al., 1993; Plant Soil 151, 255 - 263)



**Take-all of wheat after wheat (front) versus wheat after oat (back).**

*Podridão radicular no trigo sem rotação (frente) em comparação com rotação trigo/aveia ( ao fundo).*



# Effect of an Oat Precrop on Take-all

## *Efeitos da rotação com aveia sobre a Podridão radicular*

Crop Sequence	Tissue Mn (mg/kg DM )	Disease Index*	Yield (kg/ha)
Wheat-wheat-wheat	20	4.2	1450
Wheat-oats-wheat	55	1.8	3900
Oats-oats-wheat	76	1.0	4160

•Rating of disease symptoms.

(Don Huber, USA)

→ Roots of oat promote Mn reducing bacteria or release avenacin, which inhibits take-all fungus!

In the rhizosphere of wheat and sugarcane a balance exists between:

Mn oxidation by the fungus take-all

and

Mn reduction by the plant root

*Na rizosfera do trigo e cana-de-açúcar, um balanço entre:*

*Oxidação de Mn pelos fungos da Podridão radicular*

*e*

*Redução de Mn pelas raízes das plantas*

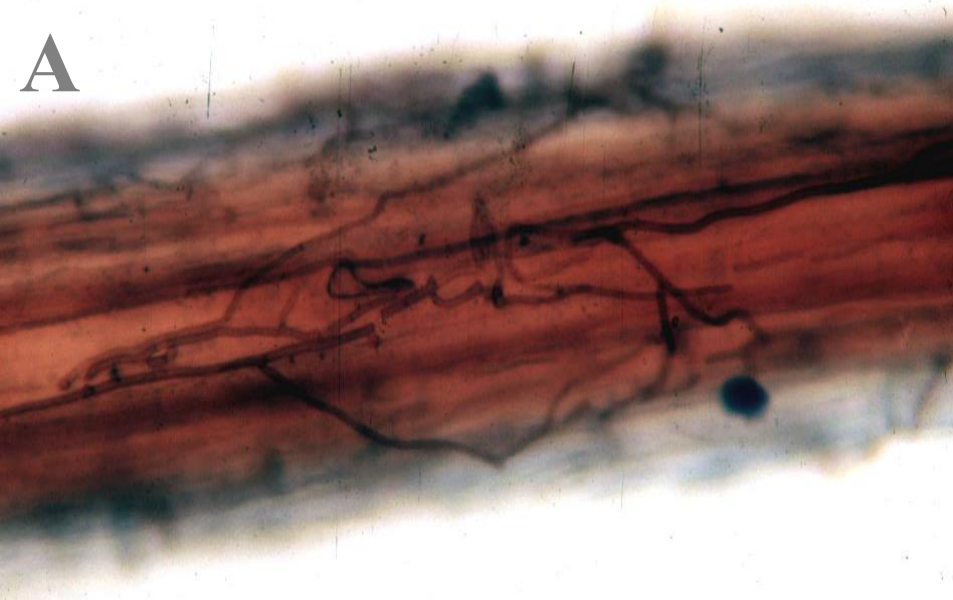
**Mn reduction by root exudates in the rhizosphere**

**Redução do Mn na rizosfera por exsudatos de raízes**



# Mn oxidation by the fungus of take-all

## *Oxidação de Mn pelos fungos da Podridão radicular*

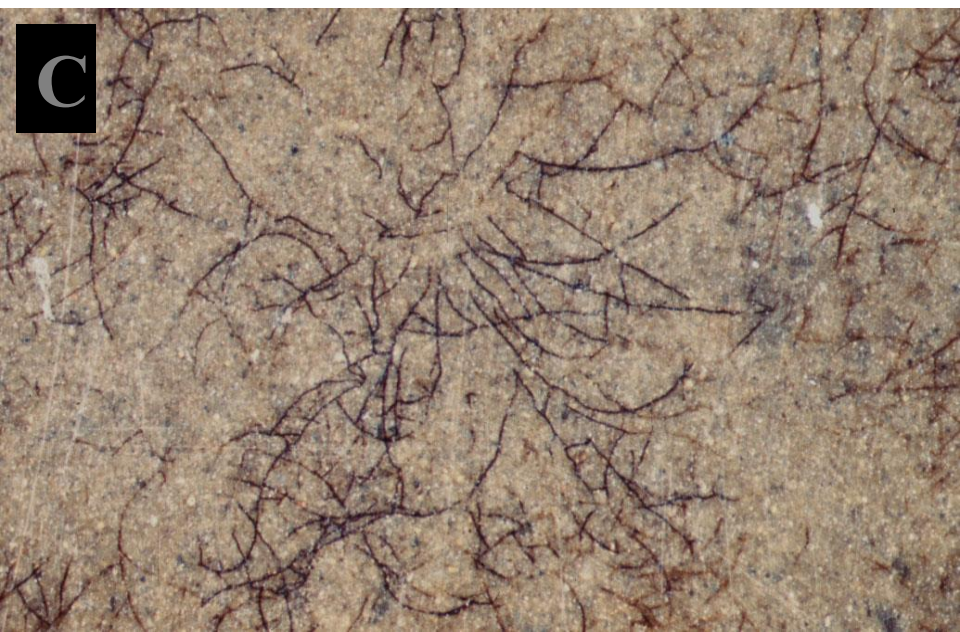
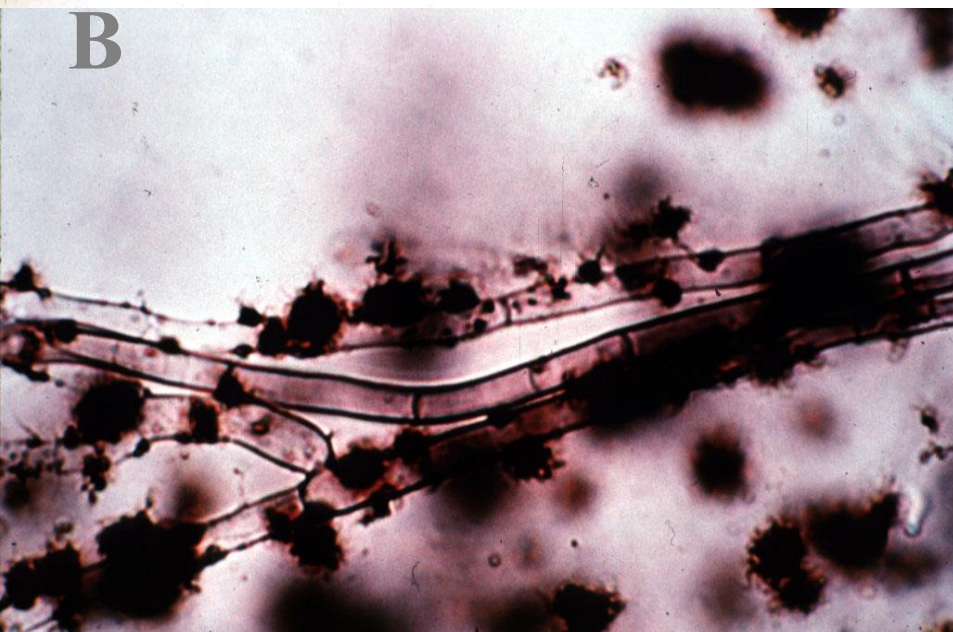


*Gaeumannomyces graminis*

A. Runner hyphae on wheat root

B. Oxidation of Mn in media

C. Oxidation of Mn in soil





**Transcient foliage chlorosis of soybeans after applying  
glyphosate on a low Mn soil [banded to show effect]**  
*Deficiência de Mn: clorose após aplicação de glifosato*

In summary the farmer can manage the rhizosphere for higher Mn availability and thus for higher resistance to take-all and some other diseases by

- application of  $\text{NH}_4\text{-N}$  + nitrification inhibitor
- use of oat as precrop or lupin as catch crop
- reduced lime application (sugarcane)
  
- Mn fertilization
- use of Mn efficient genotypes
- avoidance of glyphosate (round-up)
- application of *Trichoderma* as biofertilizer

*Em resumo, o agricultor pode manejar a rizosfera para uma alta disponibilidade de Mn e assim aumentar a resistência contra a Podridão radicular e algumas outras doenças através de:*

- *aplicação de  $\text{NH}_4\text{-N}$  + inibidor de nitrificação*
- *uso de aveia na rotação (pré-cultura)*
- *redução da aplicação na linha*
- *fertilização com Mn*
- *uso de genótipos eficientes ao Mn*
- *evitar o uso de glifosato (round-up)*
- *aplicação de Trichoderma como biofertilizante*

## 2. Example:

Powdery mildew (*Erysiphe graminis*) in wheat

### Exemplo 2:

*Oídio (Erysiphe graminis)*  
*no trigo*





# Influência da forma de nitrogênio sobre o Oídio

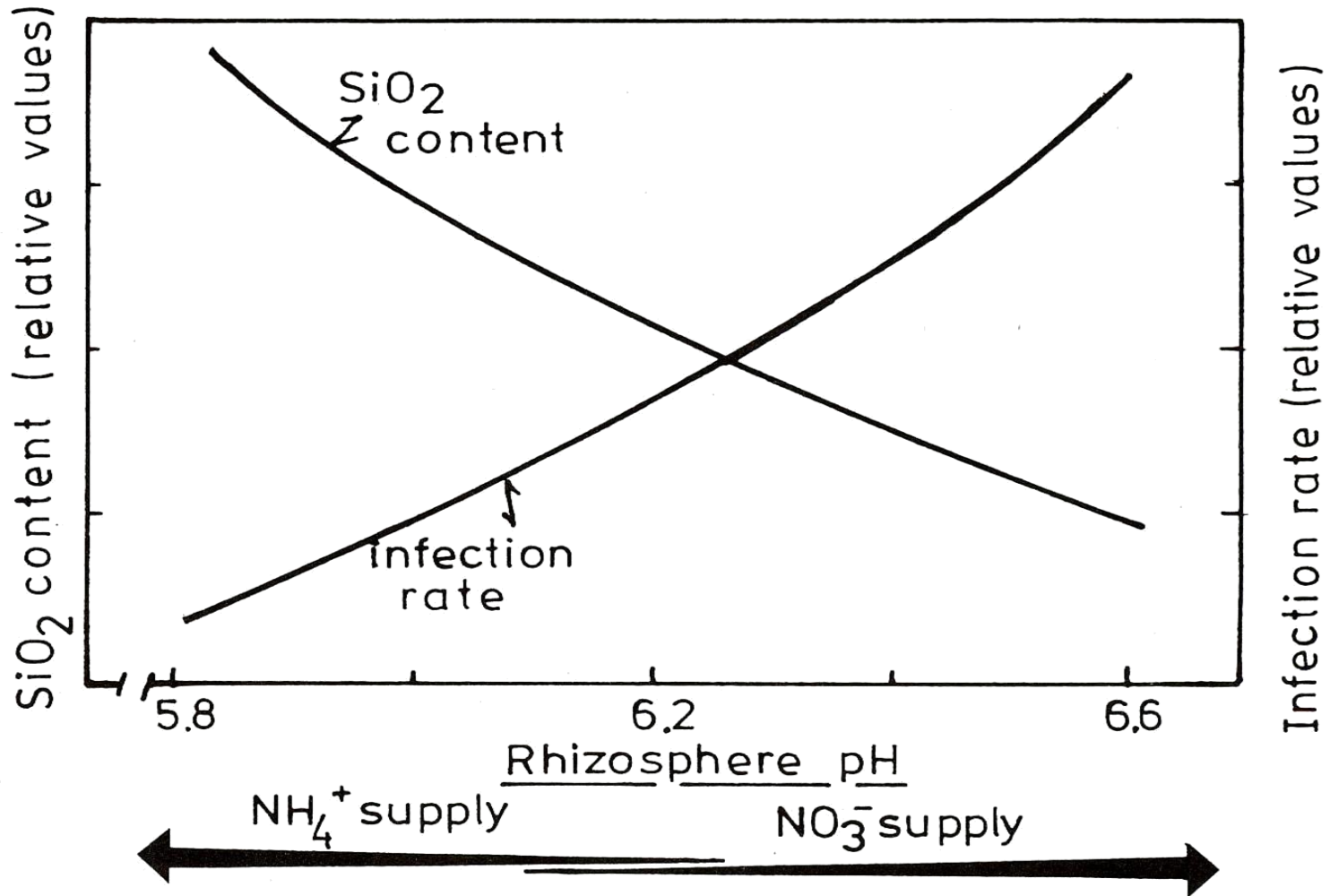


Figure 8. Effect of rhizosphere pH on SiO<sub>2</sub> content in leaves of wheat (*Triticum aestivum* L. and infection with *Erysiphe graminis*. (Based on Leusch and Buchenauer 1988; schematica presentation).

(Römheld, 1990; Symbiosis 9, 19 – 27)

Si can enhance a) preinfectional and b) postinfectional resistance against powdery mildew and some other diseases!

by mechanical barrier (a) and

by a not well understood relationship between

Si, Mn phenolics (b)

Si pode aumentar a resistência

a) pré-infeccional e b) pós-infeccional contra oídio e outras doenças!

por (a) barreiras mecânicas

(b) pela não bem entendida relação entre Si, Mn e fenólicos

### 3. Example: C.V.C. (Citrus variegated chlorosis)

Suppression by rhizosphere management?

*Exemplo 3: C.V.C. (clorose variegada dos citros)*

*Supressão através do manejo da rizosfera?*



# Case study: Biological management system to control CVC disease of Citrus in Brazil

## *Estudo: sistemas de manejo biológico para controle da CVC nos citros no Brasil*

Traditional system (no mulching, use of herbicide)



Biological management system (mulching, no herbicides)

**Severe Mn- (Zn) deficiency** *Deficiência severa de Mn (Zn)*



Mn: 12.3

Zn: 13.3

*(traditional system)*



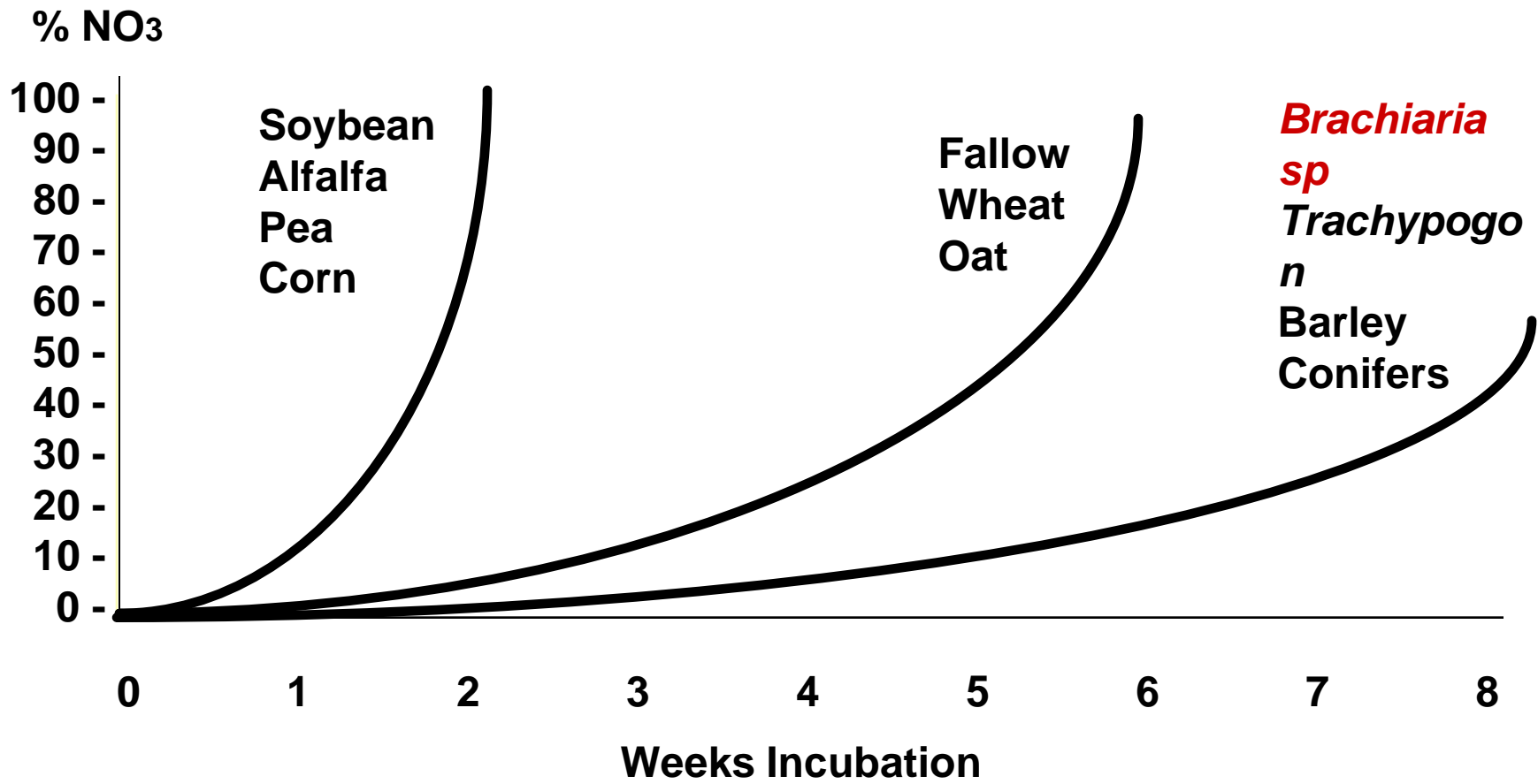
49.0 mg kg<sup>-1</sup> DW

57.3 mg kg<sup>-1</sup> DW

*(biological system)*

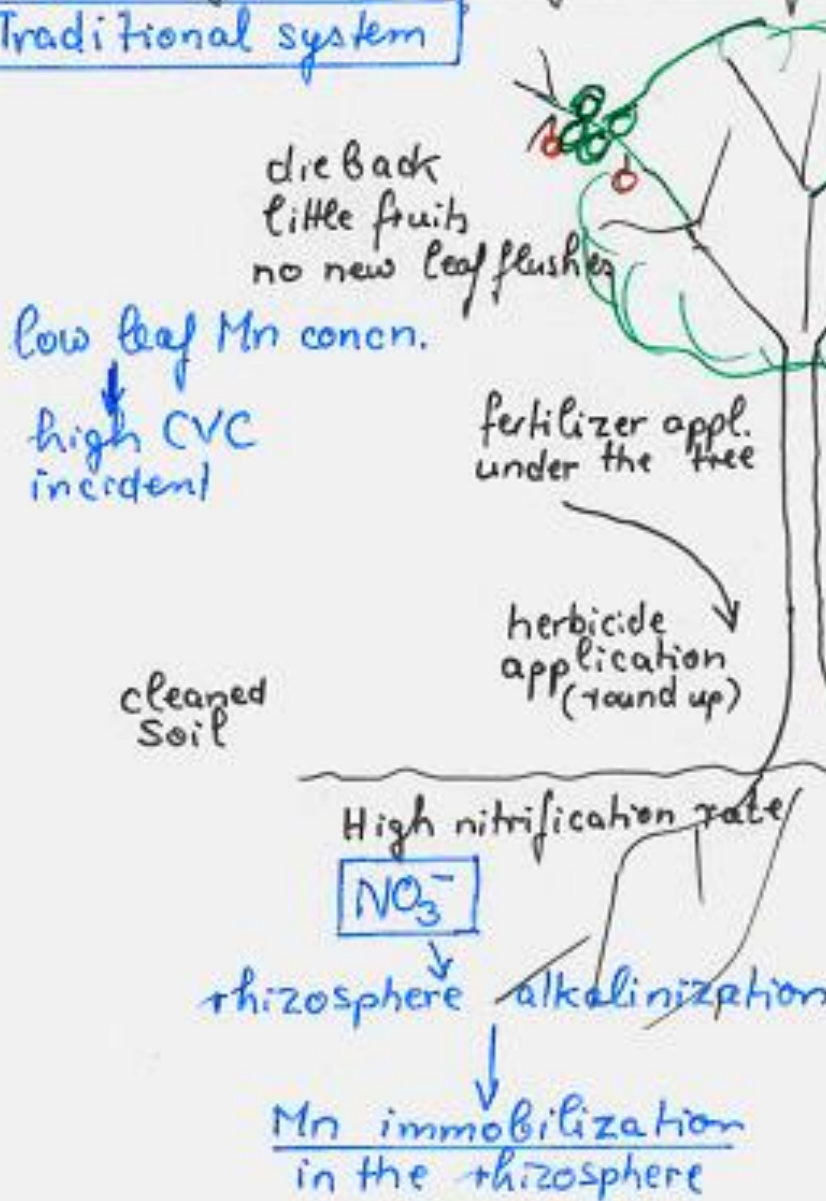
# Effect of crop residues on nitrification

## *Efeitos dos resíduos vegetais na nitrificação*

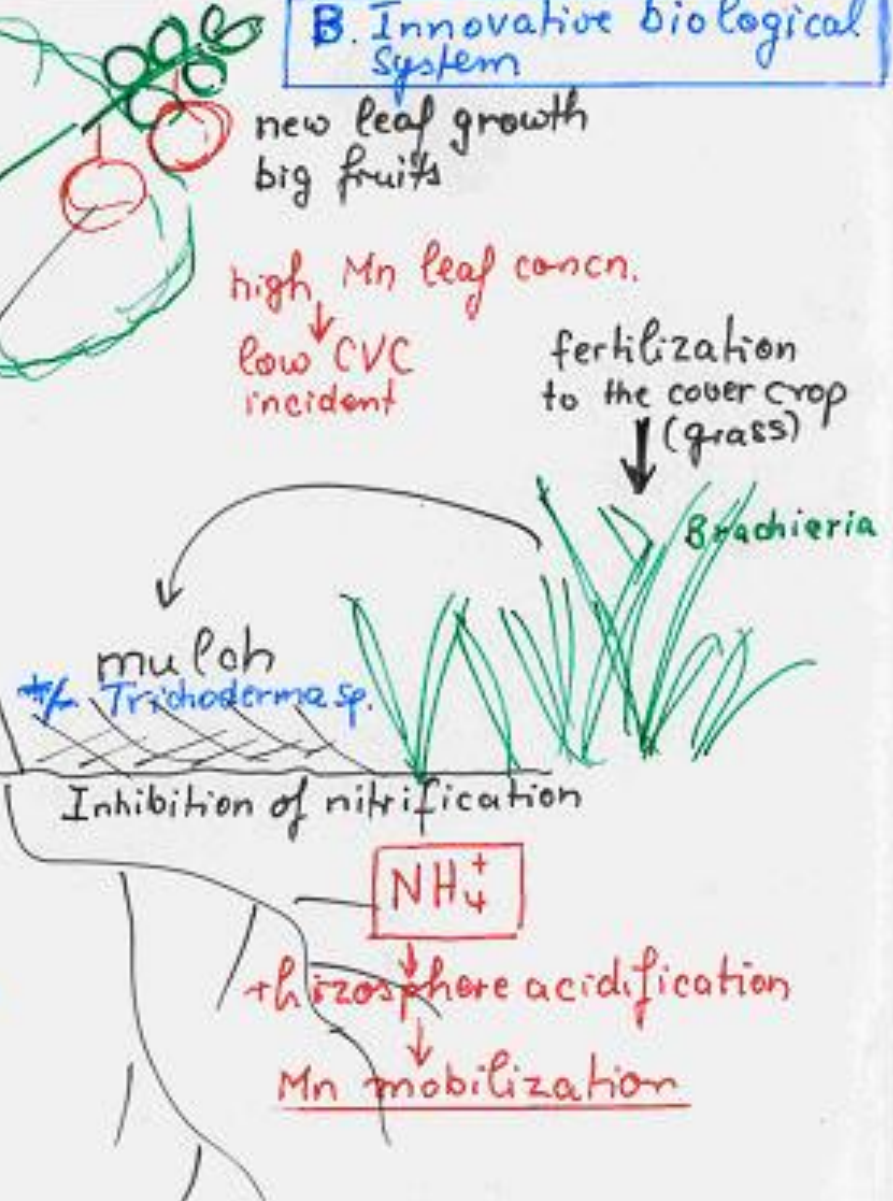


# Biological management system to control CVC in Citrus

## A. Traditional system



## B. Innovative biological system



# **Role of glyphosate in the citrus management system**

## **Conventional Practice (Traditional system)**

## **Innovative Management System (Biological system)**

- **regular use of glyphosate**
- **inhibition of shikimate pathway**
- **accumulation of shikimate and phenolics in roots**
- 
- 
- 
- **enhanced susceptibility to drought and diseases**

- **no use of glyphosate**
- **undisturbed shikimate pathway**
- 
- 
- 
- **higher drought and disease resistance**



In summary the farmer can manage the rhizosphere for higher Mn availability and thus for higher resistance to C.V.C. and some other diseases.

- application of  $\text{NH}_4\text{-N}$  + nitrification inhibitor
- application of mulch with inhibiting effect on nitrification
- use of oat or comparable plant species as cover crop
- reduced lime application ( $\text{CaSO}_4$  instead of  $\text{CaCO}_3$ )
- Mn fertilization
- avoidance of glyphosate (Round-up)
- application of *Trichoderma* as biofertilizer

*Em resumo, o agricultor pode manejar a rizosfera para uma alta disponibilidade de Mn e assim aumentar a resistência contra a CVC através de:*

- *aplicação de  $\text{NH}_4\text{-N}$  + inibidor de nitrificação*
- *aplicação de palha (efeito inibidor na nitrificação)*
- *uso de aveia ou semelhante como cobertura do solo*
- *redução da aplicação de calcário ( $\text{CaSO}_4$  ao invés de  $\text{CaCO}_3$ )*
- *fertilização de Mn*
- *evitar o uso de glifosato (Round-up)*
- *aplicação de *Trichoderma* como biofertilizante*

## Field experiments at different sites in Brazil to study the effect of different treatments on CVC:

1. Conventional practice (Round-up)
2. Conventional + soil and foliar Mn, Zn
3. Conventional +  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  + nitrification inhibitor
4. Conventional +  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  + nitrification inhibitor + soil and foliar Mn, Zn
5. Conventional – Round-up
6. Conventional + *Trichoderma konegeir*
7. Innovative with *Brachiaria* mulch
8. Innovative + soil and foliar Mn, Zn
9. Innovative +  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  + nitrification inhibitor
10. Innovative + *Trichoderma konegeir*

*Experiências de campo em diferentes locais no Brasil  
para o estudo dos efeitos dos diferentes tratamentos  
sobre a C.V.C:*

- 1. Prática convencional (Round-up)*
- 2. Convencional + aplicação foliar/solo de Mn, Zn*
- 3. Convencional +  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  + inibidor de nitrificação*
- 4. Convencional +  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  + inibidor de nitrificação + aplicação foliar/solo de Mn, Zn*
- 5. Convencional sem Round-up*
- 6. Convencional + *Trichoderma konegeir**
- 7. Prática inovadora com braquiária (mulch)*
- 8. Prática inovadora + aplicação foliar/solo de Mn, Zn*
- 9. Prática inovadora +  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  + inibidor de nitrificação*
- 10. Prática inovadora + *Trichoderma konegeir**

## ■ Conclusion / Prospect

- Rhizosphere processes are important for growth improvement and disease suppression
- Our knowledge in rhizosphere processes is still incomplete, particularly when microorganisms/pathogens involved
- A better understanding of rhizosphere processes will help to develop/establish new innovative fertilization techniques for integrated sustainable production systems.

## ■ Conclusão - Perspectivas

- Os processos na rizosfera são importantes para o crescimento das plantas e supressão de doenças.
- Nossos conhecimentos sobre os processos na rizosfera ainda estão incompletos, por exemplo, se há microrganismos/agentes patogênicos envolvidos.
- Um melhor entendimento dos processos na rizosfera ajudará a desenvolver/estabelecer novas e inovadoras técnicas de fertilização, para integração nos sistemas de produção sustentável.

Thank you for your attention!

***Muito obrigado pela sua  
atenção!***