



**Simpósio sobre Rotação Soja/Milho  
no plantio direto**

**FISIOLOGIA, NUTRIÇÃO E  
ADUBAÇÃO DO MILHO PARA  
ALTA PRODUTIVIDADE**

**A. L. FANCELLI**

Departamento de Produção vegetal  
ESALQ / USP

---

Piracicaba, SP - 03 a 06 de julho de 2000

**Fancelli (2000)**



# MILHO: COMO MAXIMIZAR O RENDIMENTO DO MILHO ?

## ● GENÉTICA

Interação Genótipo x Ambiente

## ● AMBIENTE DE PRODUÇÃO

Posição geográfica (solo e clima)

## ● MANEJO

Tecnologia e técnicas de condução de culturas

(dentre  
outros  
fatores)

**NUTRIENTES**

**ÁGUA**

**RAIZ**

**TEMPERATURA**

**LUZ**



# MILHO: FENOLOGIA

ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA CULTURA DE MILHO

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



Fancelli (2000)

Semanas após a emergência ← ● → Dias após a polinização



# MILHO: definição da produção

## DIFERENCIAÇÃO FLORAL



### TEMPERATURA

(<12° C por mais de 3 horas)

### ÁGUA

(disponibilidade < 2 mm/dia)

### NITROGÊNIO

(disponibilidade <25kg/ha)

# MILHO: Confirmação da produção

## DEFINIÇÃO DE PESO DE GRÃOS



- **ÁGUA** ..... Ausência de estresse
- **LUZ** ..... Ausência de restrição
- **TEMP. DIURNA** ..... 25°C a 30°C
- **TEMP. NOTURNA** ..... 16°C a 22°C
- **IAF** ..... 4,5 a 6



# NITROGÊNIO x RAIZ

Estresse hídrico ou baixa disponibilidade de N, reduz atividade da Reductase do Nitrato devido à redução do fluxo de  $\text{NO}_3^-$  do xilema

A redução da atividade da Reductase do Nitrato resulta na necessidade de degradação de proteínas para disponibilizar N reduzido para síntese de enzimas e proteínas estruturais

A redução da atividade da Reductase do Nitrato resulta na menor disponibilidade de Nitrogênio metabólico afetando a síntese de citocinina (estimulante de crescimento radicular)



# MILHO : ABSORÇÃO DE NUTRIENTES X ESTÁDIOS FENOLÓGICOS X RAIZ

Adaptado de Mengel (1995)

ESTÁDIOS FENOLÓGICOS	N	P	K
	kg/km de raiz . dia		
4 Folhas	$3,12 \times 10^{-4}$	$0,62 \times 10^{-4}$	$0,42 \times 10^{-3}$
9 Folhas	$1,77 \times 10^{-4}$	$0,13 \times 10^{-4}$	$0,17 \times 10^{-3}$
12 a 14 Folhas	$1,88 \times 10^{-4}$	$0,19 \times 10^{-4}$	$1,50 \times 10^{-3}$
Pendoamento	$0,27 \times 10^{-4}$	$0,08 \times 10^{-4}$	$0,19 \times 10^{-3}$
Início de Enchim.grão	$0,45 \times 10^{-4}$	$2,20 \times 10^{-4}$	$0,05 \times 10^{-3}$

Resposta até a 12 folha

Disponibilidade ao longo do ciclo

Resposta até a 12 folha

Fancelli (2000)



# MILHO: ADUBAÇÃO DE COBERTURA

**N**

Fancelli (1998)

Parcelamento

Época

Condição ou indicação

**1**

Aplicação

**4ª a 6ª folha**

Solos argilosos (> 35% de argila) e regiões não muito chuvosas.

**2**

Aplicações

(1ª) 4ª folha  
(2ª) 7ª a 8ª folha

Solos arenosos e condições de alta percolação de N.

**3**

Aplicações

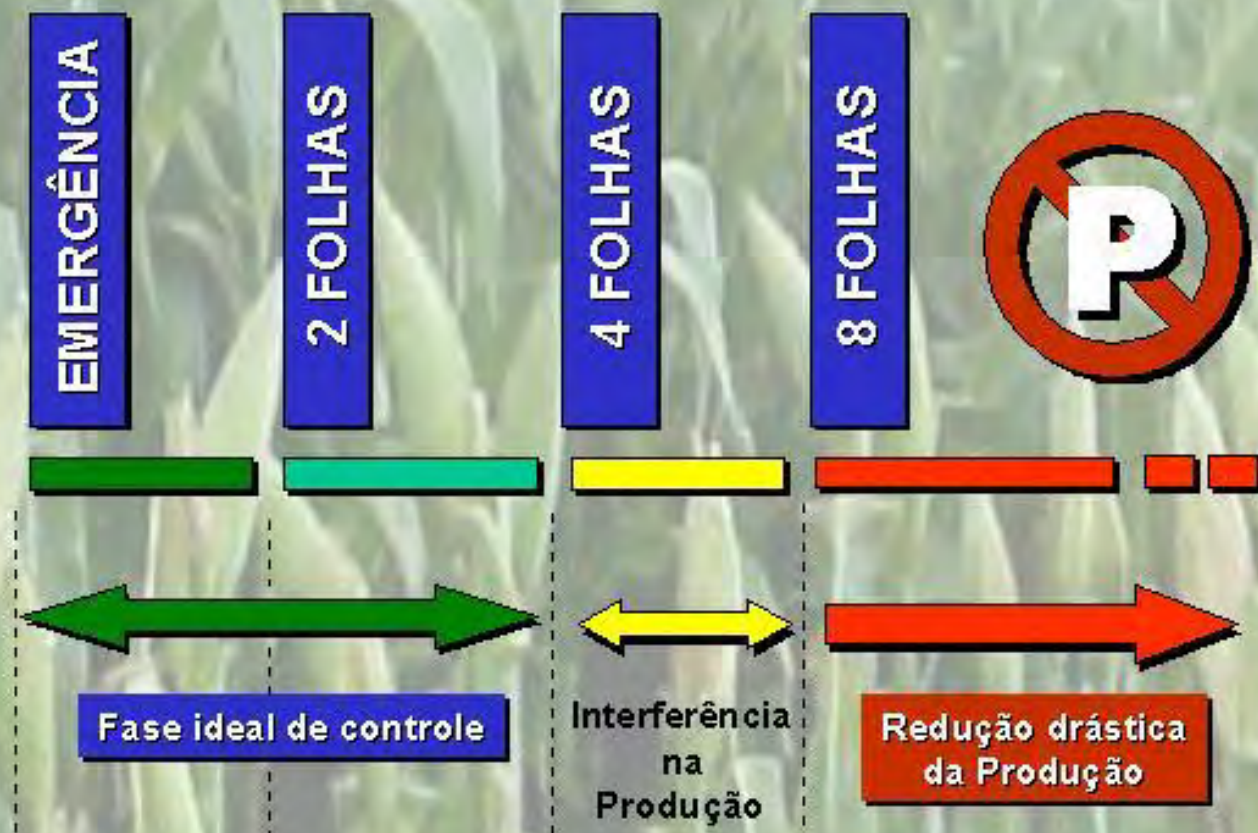
(1ª) 4ª folha  
(2ª) 6ª a 8ª folha  
(3ª) 10ª folha

Sistemas de produção sob irrigação por pivô central.

Considerando o uso de 30-45 kg/ha de Nitrogênio na semeadura



# CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DE MILHO



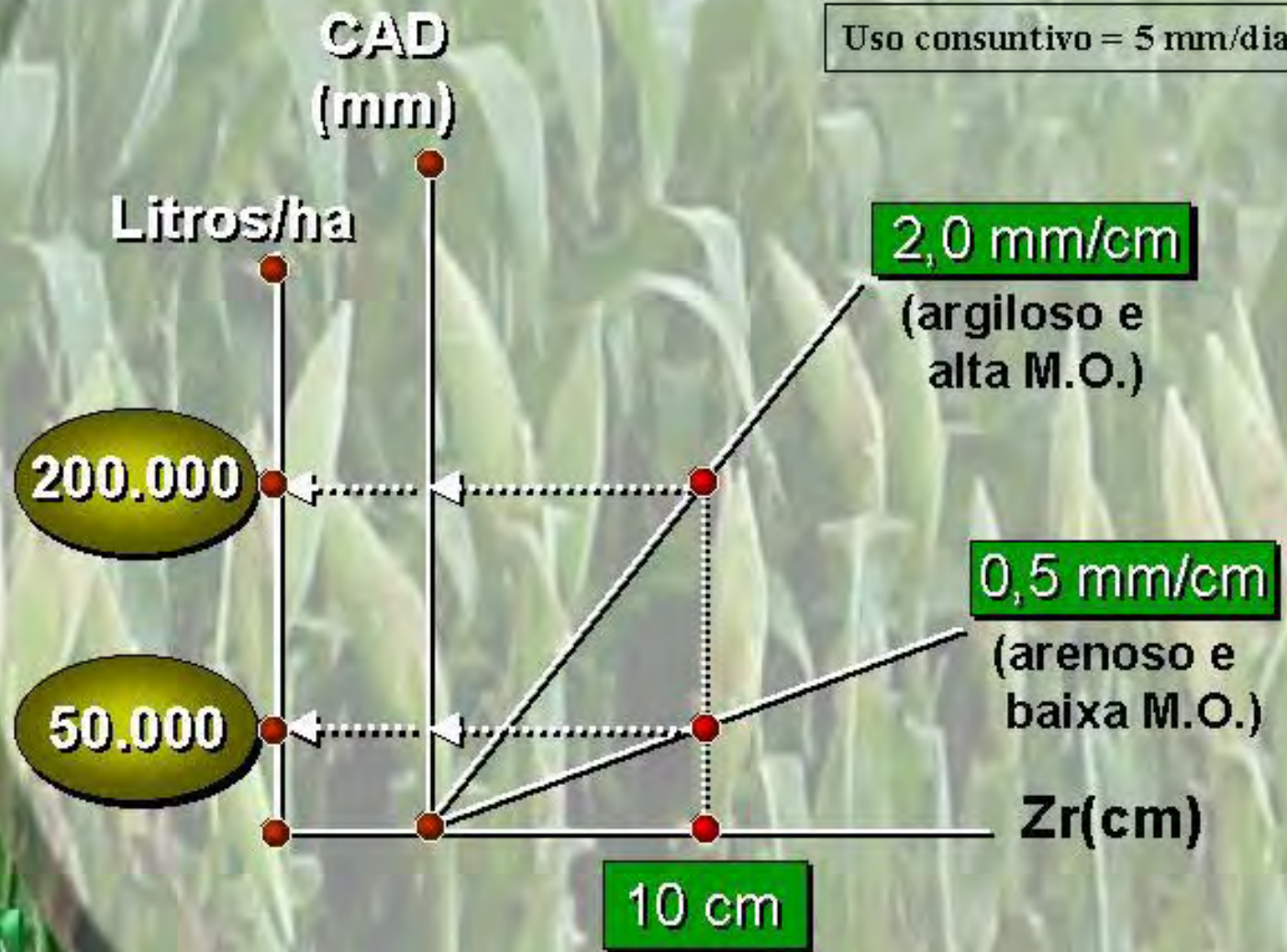
Fancelli (2000)

Baseado em Fancelli (1996) e Fancelli et al (1998)



# Capacidade de Armazenamento de água e profundidade do sistema radicular

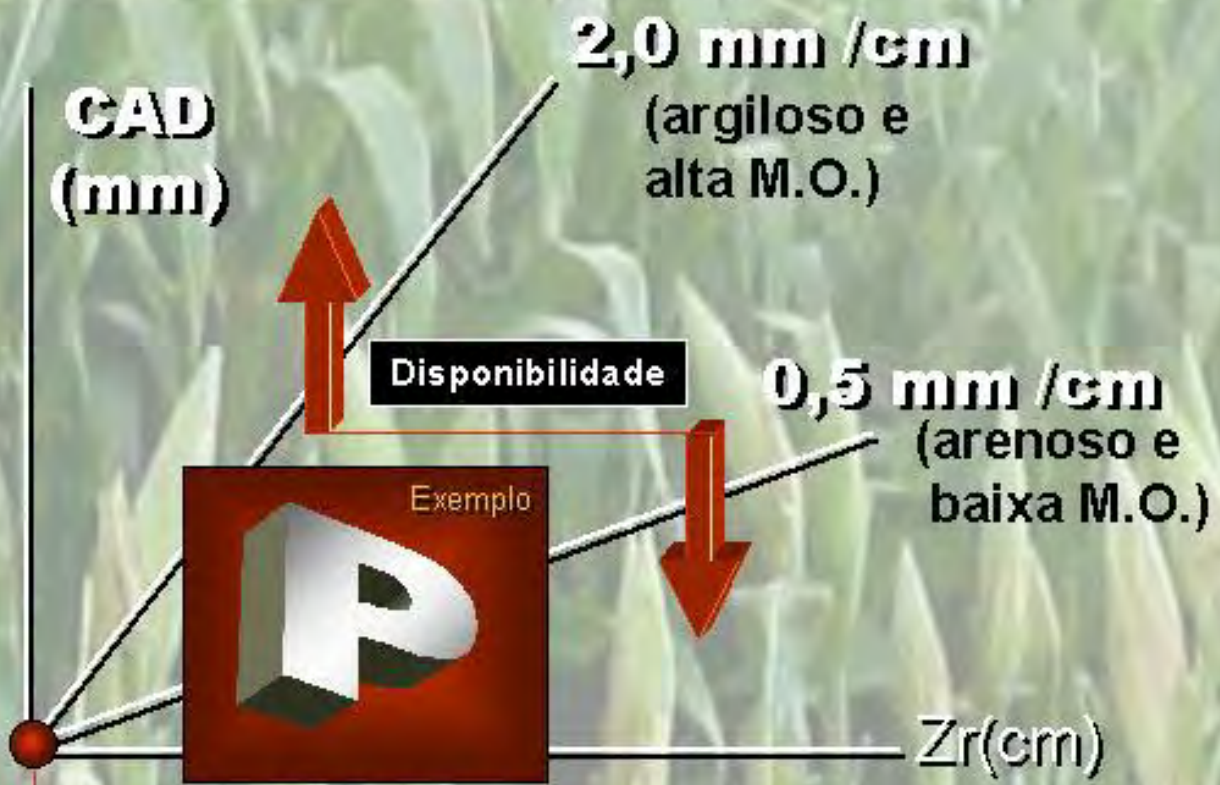
Uso consuntivo = 5 mm/dia



Fancelli (2000)



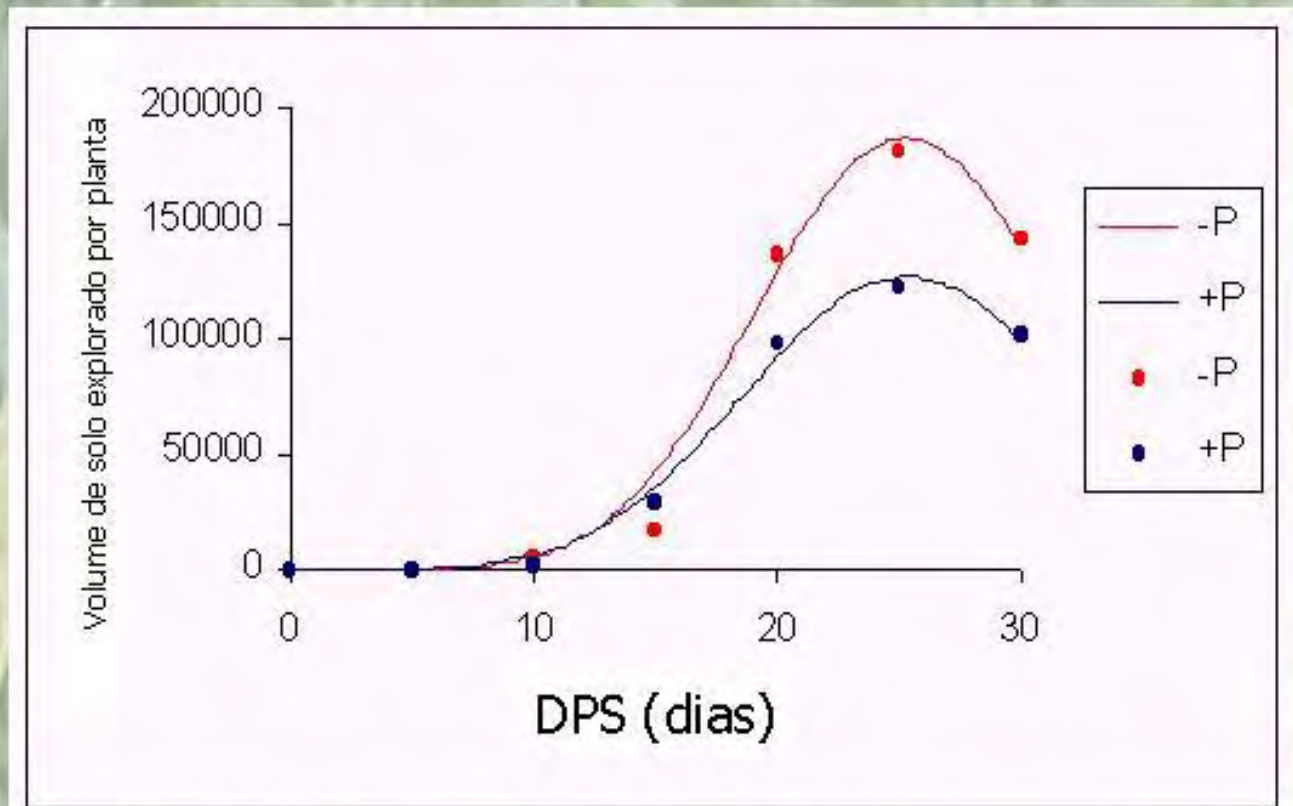
# Conceito dinâmico de Fertilidade de solo x disponibilidade de nutrientes



- Cada 1cm ↑ 5.000 L/ha
- Cada 1cm ↑ 20.000 L/ha



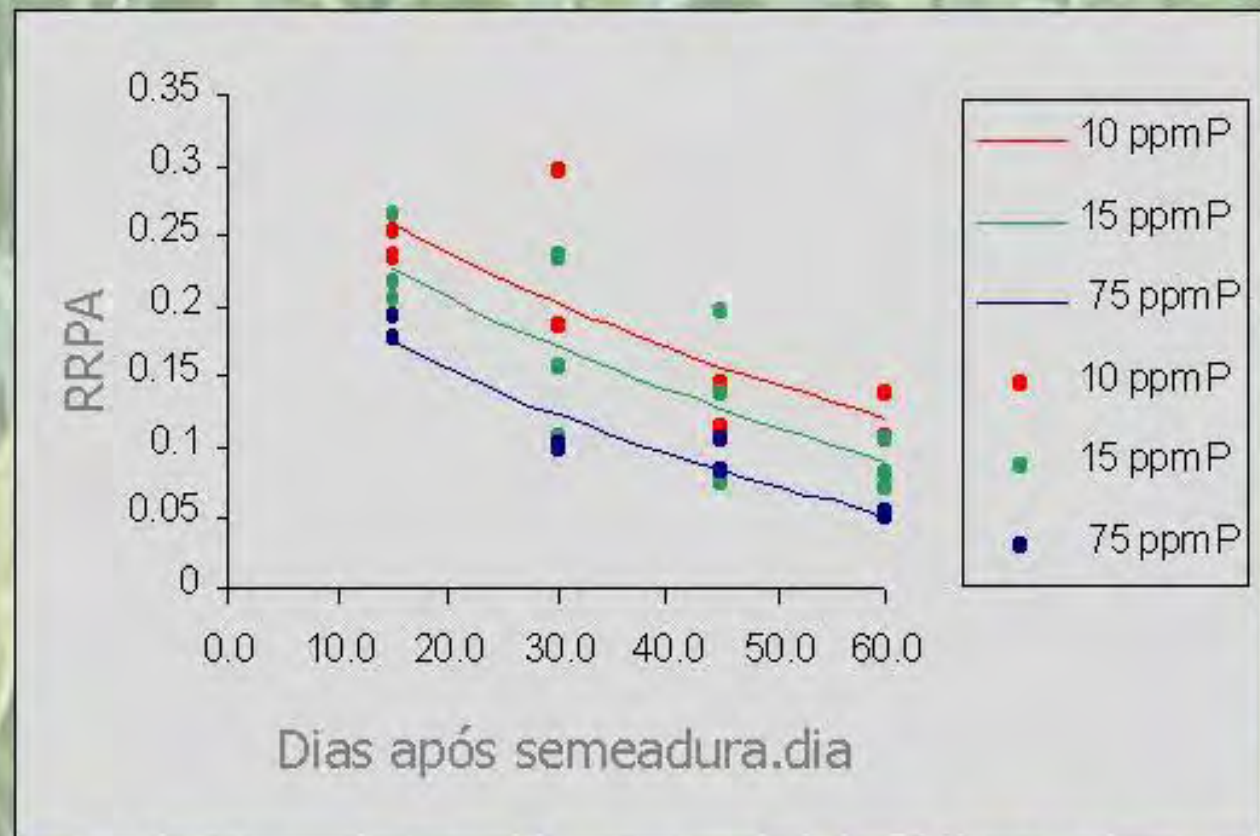
# Raiz x Concentração de Fósforo



**Variação temporal do sistema radicular, sob alta e baixa concentração de fósforo. (Teruel,1999)**



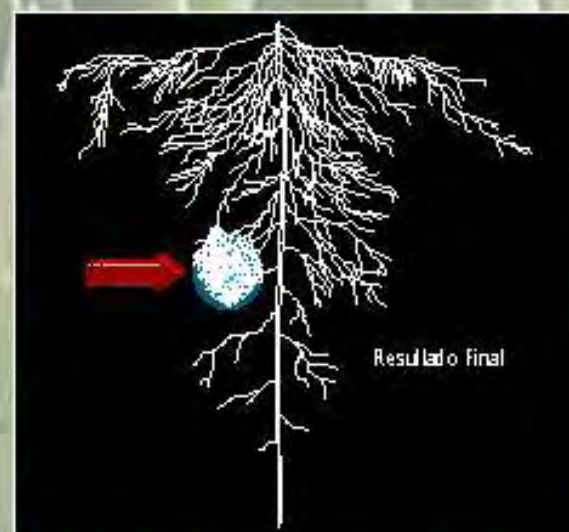
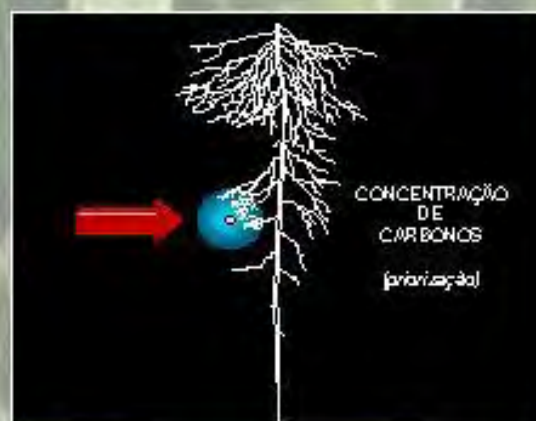
# Relação Raiz-Parte Aérea em função Concentração de Fósforo



Varição temporal da relação entre a massa de raiz e a massa total (RRPA, raiz + parte aérea) em função da disponibilidade de fósforo (TERUEL, 1999)



# Concentração de Nutrientes e Concentração de Raízes



Fancelli (2000)

Extraído de Câmara, Fancelli & Dourado-Neto (1999)



# ARQUITETURA DE RAIZ (melhoria de desempenho)

## ALTERNATIVAS

★ EVITAR A CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA CAMADA SUPERFICIAL DO SOLO

e/ou

★ USAR FONTES DE NUTRIENTES COM GRADAÇÃO DE DISPONIBILIDADE

Restringir priorização de ramificações superiores a 4ª ordem ("enovelamento")



# APROVEITAMENTO EFETIVO DE NUTRIENTES E ÁGUA

## Recomendações básicas

- Não empregar Saturação de Bases superior a 55- 60% , na camada superficial do solo, em ambiente com probabilidade de restrição hídrica
- Construir a fertilidade em camadas mais profundas (neutralizar alumínio e distribuir nutrientes ao longo do perfil do solo, principalmente Cálcio)
- Não restringir o desenvolvimento inicial do sistema radicular (compactação sub-superficial do solo, uso indevido de cultivador e de produtos químicos )
- Não afetar a arquitetura do sistema radicular (salino de adubos)



# APROVEITAMENTO EFETIVO DE NUTRIENTES E ÁGUA

## Recomendações básicas

- Empregar estratégias conservacionistas de de Matéria Orgânica ( P.Direto , Adubação verde e Rotação de culturas)
- Melhorar a distribuição espacial de plantas (redução das relações de competição entre plantas)
- Escolher criteriosamente a época de semeadura e o genótipo (redução de estresse)
- Utilização de quebra-ventos
- Garantir a aeração do solo



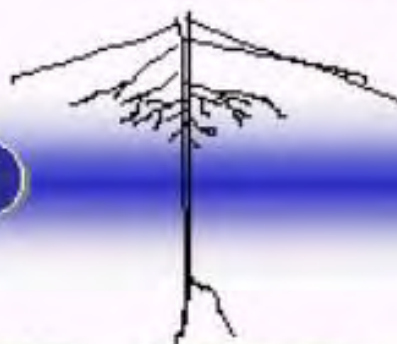
# ARQUITETURA DE RAIZ EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÃO DE SAIS

SOJA



Cloreto de Potássio

+K



+K



Fancelli (2000)

Adaptado de Teruel(1999)



# ÍNDICE SALINO DE FERTILIZANTES

Fertilizante (denominação)	Conc. (%) N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Índice Salino
Nitrato de amônio	34-0-0	101,7
Sulfato de Amônio	21-0-0	69,0
Uréia	45-0-0	72,7
Nitrato de Sódio	16-0-0	100,0
Superfosfato simples	0-20-0	7,8
Superfosfato triplo	0-45-0	10,1
MAP	11-55-0	26,9
DAP	18-46-0	29,0
Cloreto de potássio	0-0-60	116,3
Sulfato de potássio	0-0-54	46,1
Nitrato de potássio	14-0-46	73,6

Fancelli (2000)

Não é recomendável > 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O



# MILHO: COMPLEMENTAÇÃO POTÁSSICA

**K**

Fancelli (1998)

Tipo/Época	Condição ou Indicação
<b>Pré-semeadura</b> À lanço, 1 a 8 semanas antes da semeadura	Solos corrigidos; participação do Potássio na CTC > 1,5 e CTC do solo > 4,5 (ou 45)
<b>Cobertura</b>	
1. À lanço	Antes das plantas emergirem
2. Na superfície em faixa	Até a 6ª Folha
3. Incorporado	Até a 8ª folha

Considerando o uso de até 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O na semeadura

Fancelli (2000)



# MILHO: Confirmação da produção

## DEFINIÇÃO DE PESO DE GRÃOS



**FLORESCIMENTO**

10 a 15 dias



**GRÃOS LEITOSOS**

- **ÁGUA** ..... Ausência de estresse
- **LUZ** ..... Ausência de restrição
- **TEMP. DIURNA** ..... 25°C a 30°C
- **TEMP. NOTURNA** ..... 16°C a 22°C
- **IAF** ..... 4,5 a 6



# MILHO

## Distribuição Espacial de plantas

- Espaçamento entrelinhas de milho consagrado ..... **70 a 80 cm**
- Espaçamento entrelinhas de milho com adaptações ..... **60 a 65 cm**
- Espaçamento entrelinhas de milho em fase experimental ..... **45 cm**
- Espaçamento entrelinhas de milho desnecessário ..... **> 85 cm**
- Espaçamento entrelinhas de milho para o futuro ..... **50 a 60 cm**





# ENCHIMENTO DE GRÃOS (relação fonte - dreno)

**ALTERNATIVA**  
(reserva do colmo)



**FOTOSSÍNTESE**  
(após o Florescimento)

**EXAUSTÃO DRÁSTICA**  
(planta não preparada)

reduzida por :

- Tempo Nublado
- Seca
- Alta População
- Pragas e Doenças
- Desbalanço N/K

**Doenças  
do  
Colmo**

**Redução  
de  
rendimento**

**Limitação de FONTE**



# PRODUÇÃO DE EXCEDENTES DE FOTOASSIMILADOS

Período de maior probabilidade de produção de excedentes de fotoassimilados por parte do milho



**Necessidades:**

- Elevada disponibilidade de nutrientes
- Ausência de estresse hídrico
- Temperatura noturna inferior a 22°C
- Sistema Radicular adequado e ativo



# MILHO : ABSORÇÃO DE NUTRIENTES X ESTÁDIOS FENOLÓGICOS X RAIZ

Adaptado de Mengel (1995)

ESTÁDIOS FENOLÓGICOS	N	P	K
	kg/km de raiz . dia		
4 Folhas	$3,12 \times 10^{-4}$	$0,62 \times 10^{-4}$	$0,42 \times 10^{-3}$
9 Folhas	$1,77 \times 10^{-4}$	$0,13 \times 10^{-4}$	$0,17 \times 10^{-3}$
12 a 14 Folhas	$1,88 \times 10^{-4}$	$0,19 \times 10^{-4}$	$1,50 \times 10^{-3}$
Pendoamento	$0,27 \times 10^{-4}$	$0,08 \times 10^{-4}$	$0,19 \times 10^{-3}$
Início de Enchim.grão	$0,45 \times 10^{-4}$	$2,20 \times 10^{-4}$	$0,05 \times 10^{-3}$

Resposta até a 12 folha

Disponibilidade ao longo do ciclo

Resposta até a 12 folha

Fancelli (2000)



## CONSIDERAÇÕES RELEVANTES

Apesar da acentuada mobilidade do Fósforo no floema, em função da taxa de absorção imposta pela planta, da concentração de P no solo e da disponibilidade de água e oxigênio, pode ser constatado problema de ciclagem interna de fósforo em plantas de milho.

Clarkson (1985) & Alves et al (1999)

Concentrações elevadas de determinados nutrientes que promovam a elevação da pH da rizosfera pode contribuir para a redução da taxa de absorção de micronutrientes

Favarin & Vitti (1997)

Atenção especial deverá ser dispensada à aplicação de quantidades superiores a 2 t/ha de calcário em superfície e a áreas com excesso de matéria orgânica acumulada

Fancelli & Dourado-Neto (2000)





**ANTÔNIO LUIZ FANCELLI**

**Depto de Produção Vegetal**

**ESALQ/USP**

**Fone: (019) 429-4115**

**Fax: (019) 429-4375**

**e-mail: [alfancel@carpa.ciagri.usp.br](mailto:alfancel@carpa.ciagri.usp.br)**