



Cultivos Protegidos

Nutrição mineral e manejo de fertilizantes em cultivos protegidos

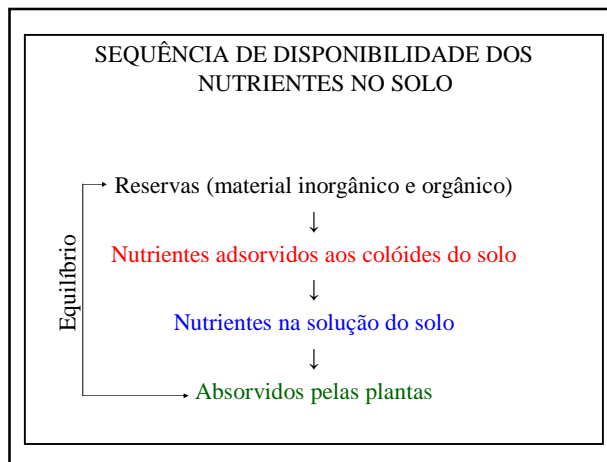
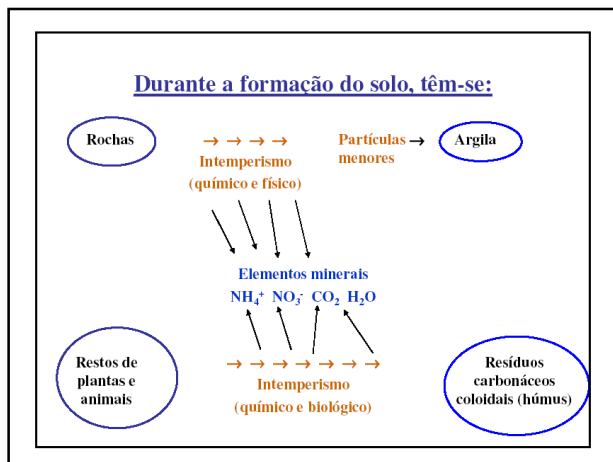
Pombal – PB

NUTRIÇÃO MINERAL

O solo como fonte de nutrientes

Nutrientes minerais encontra-se no solo de três formas:

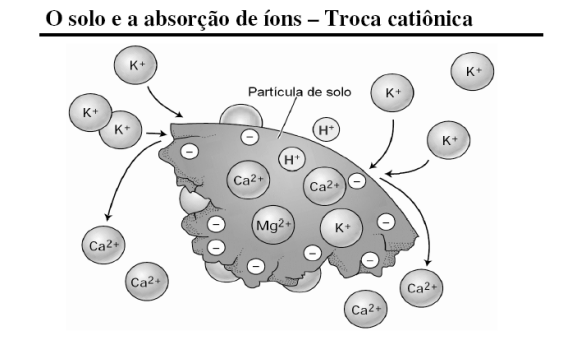
- **Insolúvel: 98%**
 - Material inorgânico de difícil solubilização
 - Matéria orgânica não decomposta
- **Ligado ou adsorvido aos colóides do solo: 1,8%**
 - Argilas minerais e húmus
- **Solúvel ou dissolvido na solução do solo: 0,2%**
 - Prontamente disponível às plantas



O SOLO E A ADSORÇÃO DE ÍONS

- Colóides do solo: argilas minerais e substâncias húmicas
 - Apresentam superfícies eletricamente carregadas
 - Atraem íons e moléculas polarizada (- e +)
 - Cargas negativas: adsorvem principalmente cátions
 - ♦ Alta capacidade de troca catiônica (CTC)
 - Cargas positivas: adsorvem principalmente ânions
 - ♦ Alta capacidade de troca aniônica (CTA)

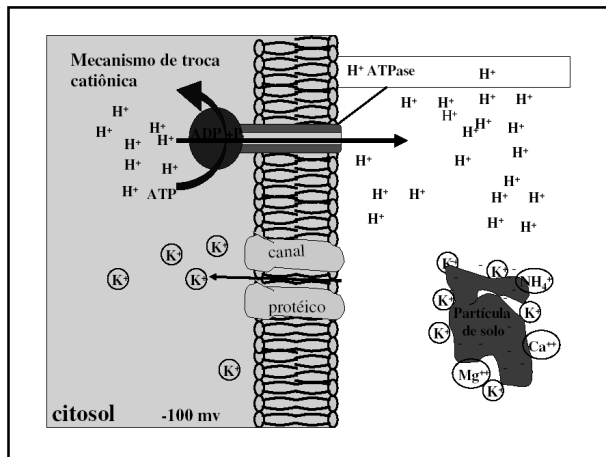
O solo e a absorção de íons – Troca catiônica



O princípio da troca catiônica na superfície de uma partícula de solo. Os cátions são ligados à superfície das partículas do solo porque a superfície é carregada negativamente. A adição de um cátion como o K^+ pode deslocar outro cátion como o Ca^{2+} de sua ligação na superfície da partícula de solo e torná-la disponível para a absorção pelas raízes.

ADSORÇÃO DE ÍONS DEPENDE:

- Concentração iônica
- Da carga ou valência (> valência tem preferência)
 - Cátions: Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , K^+ e Na^+
 - Ânions: PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NO_3^- e Cl^-
- Tamanho do raio de hidratação do íon



ELEMENTOS QUÍMICOS ESSENCIAIS

Conceito:

- É aquele cuja ausência impede que a planta complete seu ciclo de vida (germinação a formação da semente)
- É aquele que tem papel fisiológico claro

Obtidos da água ou dióxido de carbono (não minerais)

- ♦ Hidrogênio
- ♦ Carbono
- ♦ Oxigênio

Obtidos do solo (minerais)

- ♦ **Macronutrientes:** são aqueles requeridos em maiores quantidades pela planta

N, K, P, Ca, Mg e S → (Si)

- ♦ **Micronutrientes:** são aqueles requeridos em menores quantidades pela planta

Cu, Zn, Mn, B, Fe, Cl e Mo → (Ni)

Nutriente	Forma disponível no solo para pta	Conc. na pta (mg/kg)	Adubos
Micronutriente			
Mo	MoO_4^{2-}	0,1	Molibdato de Amônio
Cu	Cu^+ , Cu^{2+}	6,0	Sulfato de Cu
Zn	Zn^{2+}	20	Sulfato de Zn
B	H_3BO_3	20	Bórax
Mn	Mn^{2+}	50	Sulfato de Mn
Fe	Fe^{2+} , Fe^{3+}	100	Sulfato de Fe
Cl	Cl^-	100	Cloreto de K
Macronutrientes		(g/kg)	
S	SO_4^{2-}	1,0	Sulfatos
P	$H_2PO_4^-$, $H_2PO_4^{2-}$	2,0	Monoamôniofosfato
Mg	Mg^{2+}	2,0	Sulfato Mg
Ca	Ca^{2+}	5,0	Calcário
K	K^+	10,0	Cloreto de K
N	NO_3^- , NH_4^+	15,0	Nitrato de K

Classificação de acordo com a função biológica

Grupo 1: Que forma compostos orgânicos com o carbono

- N ⇒ aminoácidos, proteínas, nucleotídeos, coenzimas, ...
- S ⇒ cisteína, cistina, metionina, proteína, ácido lipóico, coenzima A, Glutaciona, ...

Grupo 2: Importantes no armazenamento de energia e integridade estrutural

- P ⇒ reações que envolvem o ATP; açúcares fosfato, coenzimas, fosfolípidos, ...
- B ⇒ complexa com manitol, mananas e outros constituintes da parede celular; envolvido na elongação das células e no metabolismo de ácidos nucleicos.
- Si ⇒ contribui para as propriedades da parede celular, incluindo rigidez e elasticidade.

Classificação de acordo com a função biológica

Grupo 3: Nutrientes que permanecem na sua forma iônica

K ⇒ (K⁺) cofator em mais de 40 enzimas; principal cátion envolvido na manutenção do turgor da célula e eletroneutralidade.

Na ⇒ (Na⁺) envolvido na regeneração do fosfoenolpiruvato em plantas C₄ e CAM; substitui o K⁺ em algumas funções.

Mg ⇒ (Mg²⁺) requerido por várias enzimas envolvidas na transferência de fosfato; constituinte da clorofila.

Ca ⇒ (Ca²⁺) constituinte da parede celular; cofator de algumas enzimas envolvidas na hidrólise de ATP e fosfolípidos; mensageiro secundário na regulação metabólica.

Cl ⇒ (Cl⁻) requerido para as reações fotossintéticas envolvendo a evolução de O₂.

Classificação de acordo com a função biológica

Grupo 4: Nutrientes envolvidos na transferência de elétrons

Fe ⇒ constituinte do fitocromo e proteínas envolvidas na fotossíntese, fixação de nitrogênio e respiração.

Cu ⇒ componente da citocromo oxidase, fenolase, ...

Zn ⇒ constituinte da álcool desidrogenase, ácido glutâmico desidrogenase, ...

Mo ⇒ constituinte da nitrogenase, nitrato redutase, ...

Ni ⇒ componente da urease. Em bactérias fixadoras de N₂, constitui a hidrogenase.

TABELA 5.4

Elementos minerais classificados com base em suas mobilidades dentro da planta e suas tendências de translocação durante deficiências

Móveis	Imóveis
Nitrogênio	Cálcio
Potássio	Enxofre
Magnésio	Ferro
Fósforo	Boro
Cloro	Cobre
Sódio	
Zinco	
Molibdênio	

Nota: Elementos listados na ordem de suas abundâncias na planta.

Manejo de fertilizantes em cultivos protegidos

- Objetivo: fornecer nutrientes que são limitantes ao crescimento e a obtenção de alta produtividade das culturas protegidas.

- Informação de manejo de fertilizantes em ambiente protegido são escassos.

- Deve-se levar em consideração:

- Quanto devo aplicar?
- Com o que adubar?
- Quando devo adubar?
- Como devo adubar?

Adubação

- Adubação pode ser recomendada por:

- Perpetuação de tradição
- Utilização de modelos de outras regiões

- A adubação engloba:

- Calagem
- Matéria orgânica
- Fertilizantes minerais: macro e micronutrientes

Análise de solo

Análise Química e de Fertilidade																
Lab. Nº	Amostra	Prof. cm	pH	P mg dm ⁻³	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	V	MO	PST	Cultura
Nº													%	g kg ⁻¹	%	
2914	01	0-20	7,2	245	0,14	0,12	2,8	1,1	0,0	0,8	4,2	5,0	84	1,00	2	Hortaliça

P, K, Na: Extrator Mehlich 1; Al, Ca, Mg: Extrator KCL 1M; SB-Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺; H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; CTC-SB-H⁺+Al³⁺; M.O.: Digestão Úmida Walkley-Black; PST= Percentagem de Sódio Trocável

Análise Física de Solo															
LAB Nº	Amostra Nº	Prof. cm	Granulometria Areia	Silte	Argila	Densidade aparente g cm ⁻³	Densidade real g cm ⁻³	Porosidade total m ³ m ⁻³	Umidade -MPa- 0,01	0,033	1,5	Água disponível g kg ⁻¹	Argila natural g kg ⁻¹	Grau de Floculação g kg ⁻¹	Classe Textural
2914	01	0-20	817	133	50	1,58	2,82	0,44	172	126	84	88	25	500	Areia franca

Granulometria: argila e silte pelo densímetro de Boyoucos, areia por peneiramento; Densidade aparente: método da proveta de 100 ml; Densidade real: método do balão; Umidade: Extrator de Richard

Calagem

Objetivo: correção da acidez do solo

- Aumenta a absorção de nutrientes: P e Mo
- Reduz o efeito deletério do Al^{3+} e Mn^{2+}
- pH (potencial hidrogeniônico) = 6,0 a 7,0

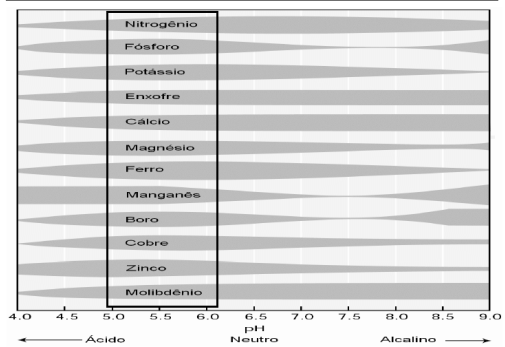
Cálculo da necessidade de calagem:

- Neutralização do Al^{3+} e elevação de Ca^{2+} e Mg^{+2}

$$NC = Y Al^{3+} - 0,1 CTC + 2,5 - Ca^{2+} + Mg^{+2}$$

Y → Arenoso (0 a 15%): 1,0 Textura média (15 a 35%): 2,0
Argiloso (35 a 60%): 3,0 Muito argiloso (> 60%): 4,0

pH do solo e a disponibilidade de nutrientes



- Saturação por bases

$$NC = 0,8 T - SB$$

Onde: $T = SB + (Al^{3+} + H^+)$

$$SB = K^+, Ca^{2+}, Mg^{+2} \text{ e } Na^+$$

Observação: aplicar após limpeza da área e antes da aração

Matéria orgânica

- Dificilmente se conseguirá produtividade máxima sem adição de matéria orgânica (< 3%)

- Estercos
- Composto orgânico
- Adubação verde
- Aplicação: área total, sulcos e covas

• Informações requeridas

- Necessidade da cultura – NPK, em kg/ha (A)
- Teor de matéria seca do fertilizante orgânico, % (B)
- Teor do nutriente na matéria seca, % (C)
- Índice de conversão do nutriente aplicado da forma orgânica para mineral, % (D)

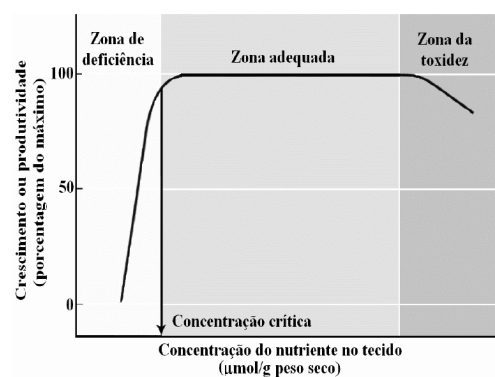
$$X = \frac{A}{B/100 \times C/100 \times D/100}$$

Fonte: Theodoro & Caixeta (1999)

EXEMPLO:

Qual a quantidade de composto orgânico (kg/m linear de sulco) que deve ser aplicado no meloeiro, sabendo-se que a necessidade da cultura em N é de 120 kg/ha; o teor de matéria seca do composto é de 50 %; o teor de N na matéria seca é de 3,0 % e o índice de conversão do N é de 40 %? O espaçamento entre fileiras do meloeiro é de 2,0 m.

Macro e micronutrientes



Macro e micronutrientes

Quanto adubar?

- Análise de solo
- Verificar em tabelas se os teores estão baixo, médio ou alto
- Procede-se a recomendação

Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
(mg/dm ³) ^{1/2}					
Fósforo disponível (P) ^{2/3}					
Argila (%)					
60 - 100	≤ 2,7	2,8 - 5,4	5,5 - 8,0 ⁴	8,1 - 12,0	> 12,0
35 - 60	≤ 4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	> 18,0
15 - 35	≤ 6,6	6,7 - 12,0	12,1 - 20,0	20,1 - 30,0	> 30,0
0 - 15	≤ 10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
P-rem ⁵ (mg/L)					
0 - 4	≤ 3,0	3,1 - 4,3	4,4 - 6,0 ⁶	6,1 - 9,0	> 9,0
4 - 10	≤ 4,0	4,1 - 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 12,5	> 12,5
10 - 19	≤ 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 11,4	11,5 - 17,5	> 17,5
19 - 30	≤ 8,0	8,1 - 11,4	11,5 - 15,8	15,9 - 24,0	> 24,0
30 - 44	≤ 11,0	11,1 - 15,8	15,9 - 21,8	21,9 - 33,0	> 33,0
44 - 60	≤ 15,0	15,1 - 21,8	21,9 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
Potássio disponível (K) ^{3/4}					
	≤ 15	16 - 40	41 - 70 ⁴	71 - 120	> 120

^{1/2} mg/dm³ = ppm (m/v); ^{2/3} Método Mehlich-1; ^{3/4} Nesta classe apresentam-se os níveis críticos de acordo com o teor de argila ou com o valor do fósforo remanescente; ⁵ P-rem = fósforo remanescente, concentração de fósforo da solução de equilíbrio após agitar durante 1 h a TPA com solução de CaCl₂ 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação 1:10; ⁶ O limite superior desta classe indica o nível crítico.

Com que adubar?

13 elementos essenciais:

N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, B, Mo, Mn, Fe e Cl

- Fontes solúveis:

- Macro: uréia, KCl, Nitrato de cálcio e potássio, MAP, etc.
- Micro: Sulfato de cobre e zinco, bórax, molibdato de sódio, etc.

Quando adubar?

- Plantio (fundação)
- Complementada ao longo do ciclo
- Parcelamento (percentual)

QUADRO 4 - Estimativa da absorção de N e K (valores acumulados em %) na parte aérea das cultivares de tomate EF-50 e Santa Clara e sugestão das porcentagens das doses de N e K a ser utilizadas na fertirrigação, em função da idade da planta

Idade da planta (dias após o transplantio)	Nutriente				% das doses sugeridas de N e K ⁽¹⁾
	N		K		
	EF-50	Santa Clara	EF-50	Santa Clara	
7	2,9	4,6	2,4	1,7	5
14	4,3	7,6	3,6	4,3	5
21	6,3	12,4	5,4	9,4	5
28	9,2	19,5	8,1	16,6	8
35	13,3	⁽²⁾ 29,3	11,9	25,4	8
42	18,8	41,6	17,2	35,3	8
49	25,9	55,0	24,3	45,9	8
56	⁽³⁾ 34,5	67,7	33,1	56,7	8
63	44,4	78,4	43,3	67,2	8
70	54,8	86,2	54,2	77,1	8
77	64,9	91,6	64,8	85,7	8
84	74,0	95,1	74,3	92,7	8
91	81,5	97,2	82,0	97,7	8
98	87,5	98,5	88,0	100	-
105	91,9	99,2	92,4	-	-
112	95,1	99,7	95,5	-	-
119	97,4	100	97,6	-	-
126	98,9	-	99,0	-	-
133	100	-	100	-	-

FONTE: Dados básicos: Fayad (1998).
(1) Aplicar 5% das doses de N e de K no sulco, antes do transplantio. (2) Aparecimento dos frutos nas plantas.

Macronutrientes

- P e K: todo no plantio
- N: 1/3 no plantio e 2/3 em cobertura

Micronutrientes

- Todo no plantio
- Via foliar: baixa eficiência (Ca e S) (B, Cu e Fe)

Como adubar?

- Em área total
- Em sulcos (espaçamentos pré-definidos)
- Em covas (misturadas ao solo)
- Na água de irrigação (fertirrigação)

Análise foliar

- É importante desde que todas as etapas tenham sido realizadas corretamente
- Função corretiva da deficiência

Tipos de análise foliar

- Massa seca (macro e micronutrientes)
 - Folha ou pecíolo
- Seiva (eletrodos: N, P e K)
 - Pecíolo
- Clorofilômetro (N)
 - Folha