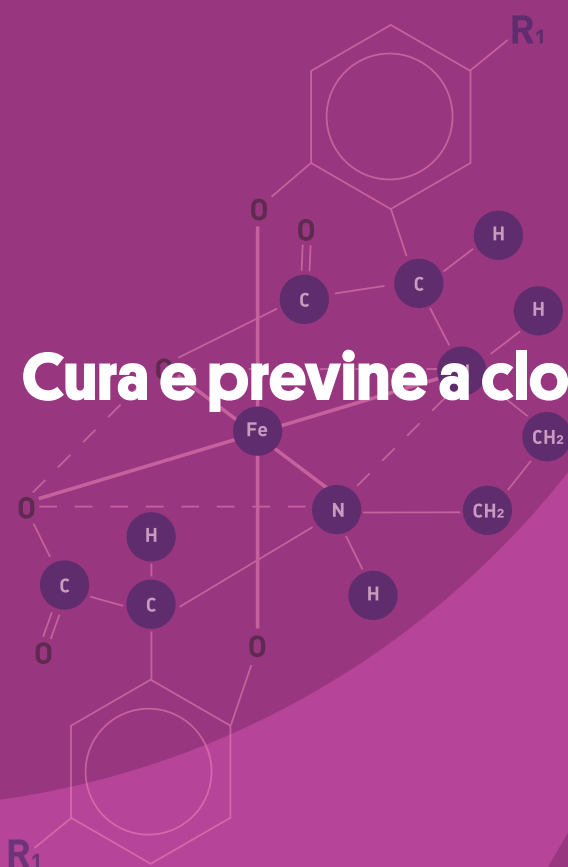


MONOGRAFIA

FERRILENE

Cura e previne a clorose férrica





pag. 4		PERFIL DA EMPRESA
pag. 6	1	FERRO
	1.1	Ferro na natureza
	1.2	Ferro no solo
	1.3	A química do ferro
	1.4	Aspectos gerais das deficiências de ferro
	1.5	Principais fatores que afetam a disponibilidade de ferro
	1.5.1	Solubilidade do ferro no solo
	1.5.2	Presença de bicarbonatos [pH]
	1.5.3	Interação de ferro e outros elementos
pag. 12	2	FERRO NAS PLANTAS
	2.1	Absorção
	2.2	Estratégias de absorção
	2.2.1	Estratégia I
	2.2.2	Estratégia II
	2.3	Iron transport in plants
	2.4	Biological functions of iron in plants
pag. 19	3	CLOROSE DO FERRO
	3.1	Clorose do ferro
	3.2	Sintomas visuais
	3.4	Correções de clorose de ferro
pag. 22	4	QUELATOS
	4.1	Moléculas quelatantes
	4.2	Estabilidade de quelatos de ferro
	4.3	Qualidade dos quelatos
	4.4	Quelatos de ferro e seu uso na agricultura
	4.5	Os agentes quelantes na Linha Ferrilene
pag. 26	5	LINHA FERRILENE
	5.1	História dos agentes quelantes
	5.2	FERRILENE 4.8 e FERRILENE
	5.3	FERRILENE TRIUM
pag. 30	6	ABORDAGEM FENÔMICA
pag. 37	7	ENSAIOS AGRÔNICOS
pag. 48	8	BIBLIOGRAFIA

Perfil da empresa

MISSÃO

Criar um futuro sustentável para as pessoas e a natureza.

VISÃO

Na Valagro vivemos a mentalidade de terceira via buscando a excelência e aplicando a ciência à agricultura para produzir mais alimentos e mais saudáveis com sustentabilidade no coração.

VALORES

Integridade - agimos com honestidade, respeitando as pessoas e a natureza

Paixão - como somos responsáveis pelo futuro sustentável, estamos construindo

Confiança - à medida que criamos relacionamentos baseados em fazer o que dizemos

Conecção - como vemos o quadro maior, ao mesmo tempo em que reconhecemos a contribuição individual

Mentalidades inovadoras - à medida que criamos possibilidades com coragem, curiosidade e determinação.

CULTURA DA EMPRESA

Focamo-nos em desafiar o que já foi feito.

Combinamos experiência e perspicácia nos negócios com grandes resultados em busca constante de excelência.

Trabalhamos para que o impossível se torne realidade.

Para aqueles que são curiosos e nunca param de aprender, aqueles que corajosamente trazem mudança e ouvem abertamente novas ideias.

Para aqueles que podem transferir os seus valores para os outros sempre respeitando a diversidade enquanto alavancam a inclusão.



Usar a ciência para aproveitar o potencial da natureza com foco na sustentabilidade ambiental: este é o princípio no qual a GeaPower se baseia. É a **plataforma tecnológica exclusiva** desenvolvida pela Valagro para transformar potenciais ingredientes ativos em soluções de nutrientes de alta qualidade.

Graças à GeaPower, podemos oferecer soluções baseadas em inovação sustentável que, utilizando **as tecnologias mais modernas**, emprestam valiosos ingredientes ativos da natureza e os devolvem à própria natureza para obter **colheitas mais saudáveis, ricas e melhores**.

GeaPower reduz
o custo de levar
uma solução
ao mercado,
assegurando ao
mesmo tempo uma
eficácia consistente.



PROFUNDO CONHECIMENTO DOS INGREDIENTES ACTIVOS E DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Isto permite à Valagro identificar, caracterizar e preservar ingredientes activos específicos que podem alcançar respostas fisiológicas específicas nas plantas



PROCESSOS DE EXTRACÇÃO PRÓPRIOS

Processos de extração adaptados para ajudar a manter a proporção correta de cada ingrediente nas complexas misturas naturais



INVESTIGAÇÃO AVANÇADA E CAPACIDADES ANALÍTICAS

- Uso da genómica, proteómica e metabolómica para decifrar os ativadores genéticos e moleculares para respostas fisiológicas específicas nos sistemas vegetais
- Capacidade para analisar mais de 3000 mostras ao dia



CAPACIDADE PROVADA DE FORNECER SOLUÇÕES COMERCIALMENTE VIÁVEIS

- Ampla experiência em ensaios de campo
- Estreita integração entre a função comercial e a função investigadora
- Permite a Valagro analisar de forma rápida os produtos candidatos com a maior probabilidade de obter viabilidade comercial





1

Ferro

Alberto Stivaletta, Alessandro De Marco
- Global Research

1.1 Ferro na natureza

Dependendo do estado redox, o ferro é encontrado na natureza em ambas as formas Fe^{3+} [férrico] ou Fe^{2+} [ferroso]. Depois do Si, O e Al, Ferro é o elemento mais abundante no núcleo da Terra em torno de 5,1%, enquanto no solo estima-se um nível médio de 3,8% [Lindsay, 1979]. O ferro é geralmente encontrado no solo em quantidades suficientes para formar vários compostos, geralmente óxidos e hidróxidos. A cor do solo é devido principalmente à presença de óxidos livres. As cores amarelo-marrom em zonas frias/temperadas devem-se à presença de hidróxidos como o goethita. As cores vermelhas em regiões áridas são devido a óxidos não hidratados, como hematita.

1.2 Ferro no solo

A maior parte do ferro é encontrada nas estruturas cristalinas de numerosos minerais e no lençol freático. Começando pelo intemperismo dos minerais primários, libera-se ferro solúvel que pode ser usado por organismos, liga-se a diferentes ligantes orgânicos ou até mesmo ser transformado em

minerais secundários, como sulfatos, carbonatos e minerais de argila. Óxidos e hidróxidos de várias composições e graus de cristalização controlam principalmente a solubilidade desse elemento no solo [Murad e Fischer, 1988; Lindsay 1979]. Goethita é o óxido de ferro mais frequente no solo porque tem a maior estabilidade sob as condições ambientais encontradas nos solos. Goethita é encontrada em muitos tipos de solo e regiões climáticas e é responsável pela cor laranja de muitos solos. Goethita é frequentemente encontrada associada à segunda forma mais comum de hematita, no entanto, a primeira não parece estar restrita a uma região climática específica, enquanto a hematita é encontrada em áreas tropicais onde as condições de temperatura e pH favorecem sua formação. É vermelho e tem alta resistência à pigmentação [Schwertman e Taylor, 1989]. Devido à solubilidade extremamente baixa dos óxidos Fe^{3+} na faixa normal de pH do solo, o ferro liberado precipitará rapidamente como óxido ou hidróxido. Apenas uma pequena parte de

ferro oxidado é incorporado em silicatos laminares secundários [argilas] e/ou fica complexado por matéria orgânica [Schwertman e Taylor, 1989]. Em condições de anaerobiose, microrganismos podem usar os óxidos de Fe^{3+} como aceptores de elétrons finais para alcançar a decomposição oxidativa da matéria orgânica. Esse processo causa a redução do Fe^{3+} para o Fe^{2+} , que geralmente é mais solúvel.

LEGENDA

- 1 Meteorologia
- 2 absorção
- 3 decomposição após a morte
- 4 complexação
- 5 hidrólise
- 6 redução
- 7 oxidação
- 8 redução por organismos

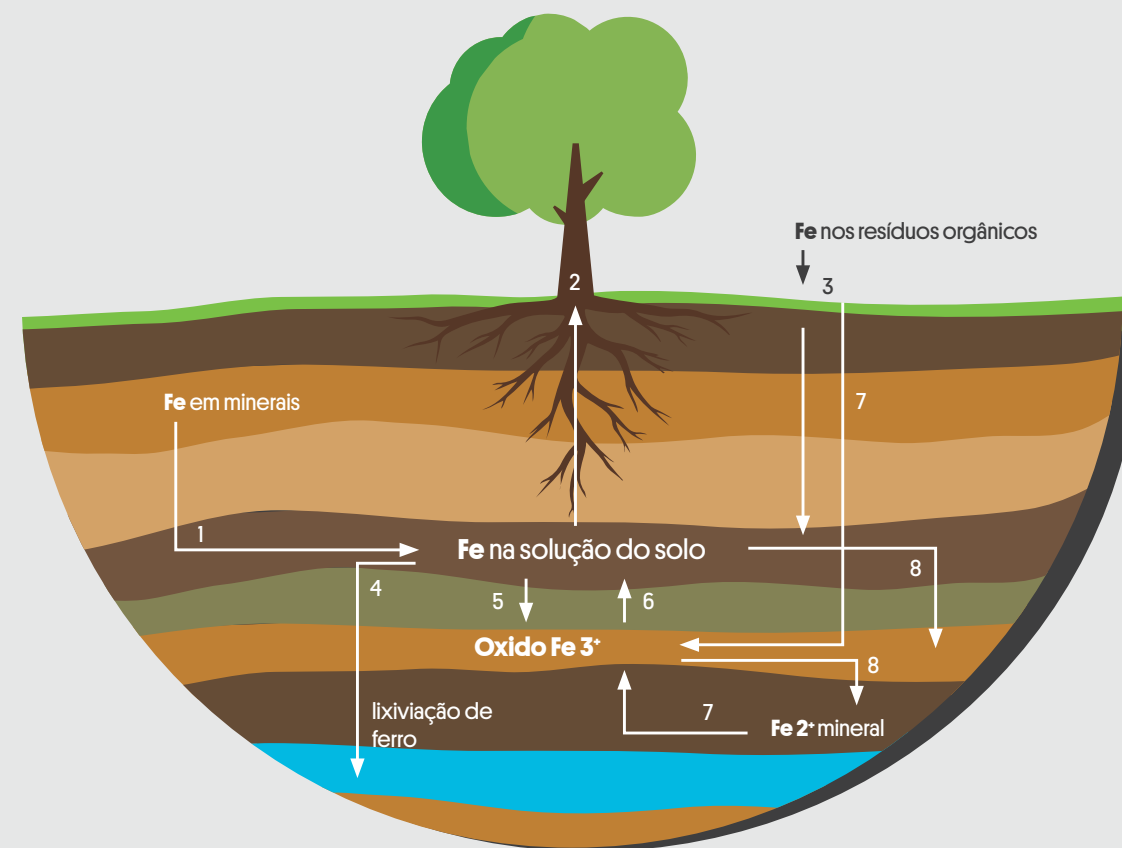


Fig.1 Ciclo do ferro no solo [adaptado de Murad e Fischer, 1988].

1.3 A química do ferro

Compostos de ferro podem existir como formas ferrosas [ferro (II)], ou formas férricas [ferro (III)].

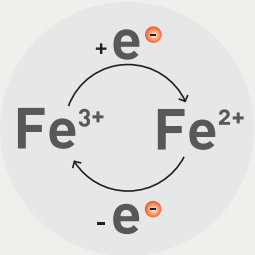


Fig. 2 Reação de oxidação-redução do ferro.

O ferro é um elemento de transição caracterizado pela relativa facilidade com que pode mudar seu estado de oxidação e por sua capacidade de formar compostos octaédricos com vários ligantes, com uma grande variação no potencial redox dependendo do ligante. Essa variabilidade lhe dá especial importância nos sistemas biológicos de redox e no solo [Schwertman e Taylor, 1989; Schwertman 1991].

1.4 Aspectos gerais da deficiência de ferro

O ferro [Fe] é um micronutriente essencial para plantas, para os seres humanos e outros animais. No início do século XVII, esse elemento foi explorado como um medicamento por algumas comunidades, incluindo egípcios, hindus, gregos e romanos

[Guggenheim, K.Y.]. A Organização Mundial da Saúde [OMS] afirma que a falta de micronutrientes suficientes, como Fe e Zn, representa uma grande ameaça à saúde e ao desenvolvimento da população mundial. Deficiências de minerais e vitaminas permanecem como um grave problema de saúde global, afetando mais de dois bilhões de pessoas ou um em cada três indivíduos [FAO; IFAD; PMA.] e principalmente nos países em desenvolvimento, a busca por soluções que possam reduzir os efeitos nocivos dessas doenças nutricionais é de suma importância [Preto, R.E.; Allen, Allen]. Essa abordagem visa colocar os elementos traço, como o ferro, em culturas básicas e produtos alimentícios, utilizando diferentes procedimentos, como práticas agronômicas para obter um produto alimentar final com maior teor de ferro, considerando-o como uma importante estratégia para reduzir a deficiência de Fe nas pessoas [Cakmak 2002].

1.5 Principais fatores que afetam a disponibilidade de ferro

A deficiência de ferro é tipicamente encontrada em culturas cultivadas em solos calcáreos ou alcalinos, em regiões áridas e semiáridas do mundo; esses solos cobrem mais de 30% da superfície terrestre [Figura 1] [Alvarez-Fernandez, et

al., 2006]. As causas da deficiência de ferro não devem estar apenas ligadas à indisponibilidade de ferro, mas podem depender de inúmeras situações e ter uma natureza distinta. A seguir, os fatores mais relevantes que afetam a disponibilidade de ferro.

1.5.1 Solubilidade de ferro no solo

Os estudos realizados por Lindsay [1979, 1991] sobre as diversas solubilidades dos diferentes óxidos de ferro e hidróxidos no solo [Fig. 3] destacam o fato de que:

1. Óxido de ferro amorfo seria o mais solúvel, enquanto goethita seria o menos solúvel.
2. A solubilidade dos óxidos e hidróxidos de Fe³⁺ presentes no ambiente está intimamente relacionada ao pH do solo; assim, a solubilidade diminui 1000 vezes para cada aumento de unidade de pH, reduzindo a concentração de ferro solúvel a valores inferiores a 10 E-10 M em ambientes com valor de pH de 7,5.
3. A região com menor solubilidade de ferro corresponde a uma faixa de pH entre 7,5 e 8,5 [Fig. 4], que coincide com solos calcáreos. A concentração de ferro para este intervalo de pH é aproximadamente inferior a 10 E-10 M, uma quantidade insuficiente para

o crescimento ideal da planta, que requer uma faixa de ferro solúvel de 10 E-4 e 10 E-9 no ambiente [Guerinot e Yi, 1994]. Estudos realizados por Römheld e Marschner [1986] mostraram que, em solos bem arejados, a quantidade de ferro dissolvido em valores de pH maior que 4 é menor do que a quantidade necessária para a maioria da vegetação, o que resulta nas deficiências de ferro nas plantas cultivadas nesses solos.

Como o ferro pode estar presente em duas condições, o potencial redox do solo é outro fator que influencia o conteúdo desse nutriente. Em solos bem arejados - uma condição que normalmente é atendida pela lavoura - Fe³⁺ não é alterado pelo potencial redox. O Fe²⁺ pode estar presente de diferentes formas em diferentes pHs do solo: em pH inferior a 6,7 a espécie predominante é Fe²⁺, enquanto em valores de pH mais elevados as principais espécies são FeOH⁺ [Fig. 5].

Em condições aeróbicas, essas espécies são instáveis; no entanto, se houver condições de redução, essas duas espécies são as mais abundantes e são as que controlam a quantidade de ferro disponível para plantas [Lindsay, 1991]. Em solos recentemente reduzidos, a solubilidade do ferro aparentemente será controlada por siderite [FeCO₃]. Os incrementos na concentração de CO₂ no solo resultarão em uma diminuição da solubilidade de ferro para as plantas [Lindsay e Schwab, 1982].

Consequentemente, a regra geral para a solubilidade do ferro é que sob condições aeróbicas e com um pH neutro ou alcalino o ferro precipitará em formas insolúveis, enquanto com pH ácido e condições de redução a concentração de ferro solúvel será maior.

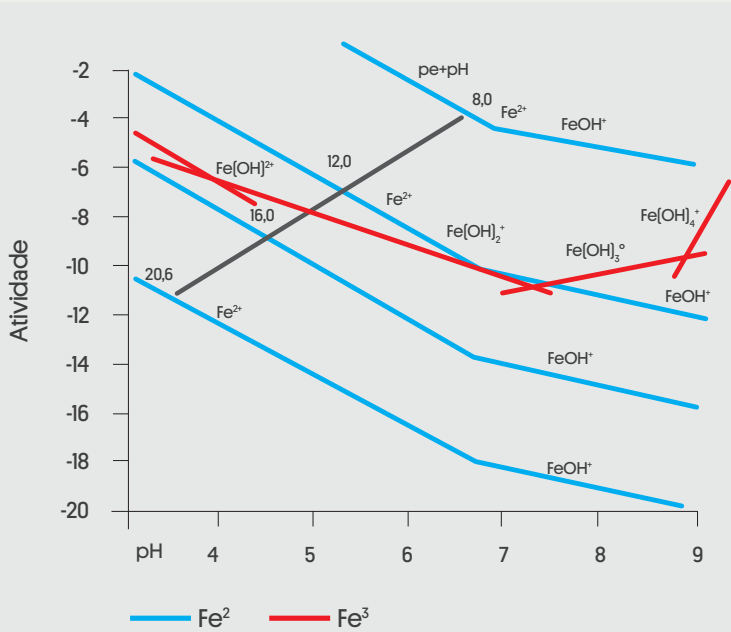


Fig. 5 Efeito em relação ao potencial redox para as formas Fe²⁺ e Fe [OH] + em relação às formas hidrolisadas de Fe³⁺ em equilíbrio com o sistema Fe-solo [Lindsay e Schwab, 1982].

1.5.2 Presença de bicarbonatos (pH)

O íon hidrogenocarbonato em solo calcáreo, muda o pH para 7-8,5, e em condições extremas até 9. Neste pH, a concentração de ferro solúvel fica baixa [Lindsay, 1979, 1991; Lindsay e Schwab, 1982]; assim, é difícil para as culturas obter o ferro de que precisam. Além disso, os principais mecanismos de resposta da planta são impactados negativamente pela deficiência de ferro: os prótons libertados pela vegetação são neutralizados, a alcalinização reduz a secreção de compostos fenólicos

e dificulta a redução do Fe³⁺ na membrana plasmática [Römheld e Marschner, 1986]. Tudo isso influencia a biodisponibilidade do ferro, causando grandes alterações e inibindo a resposta da cultura à deficiência de ferro [Susín et al. 1996]. A Tabela 1 relata as características de alguns solos alcalinos.

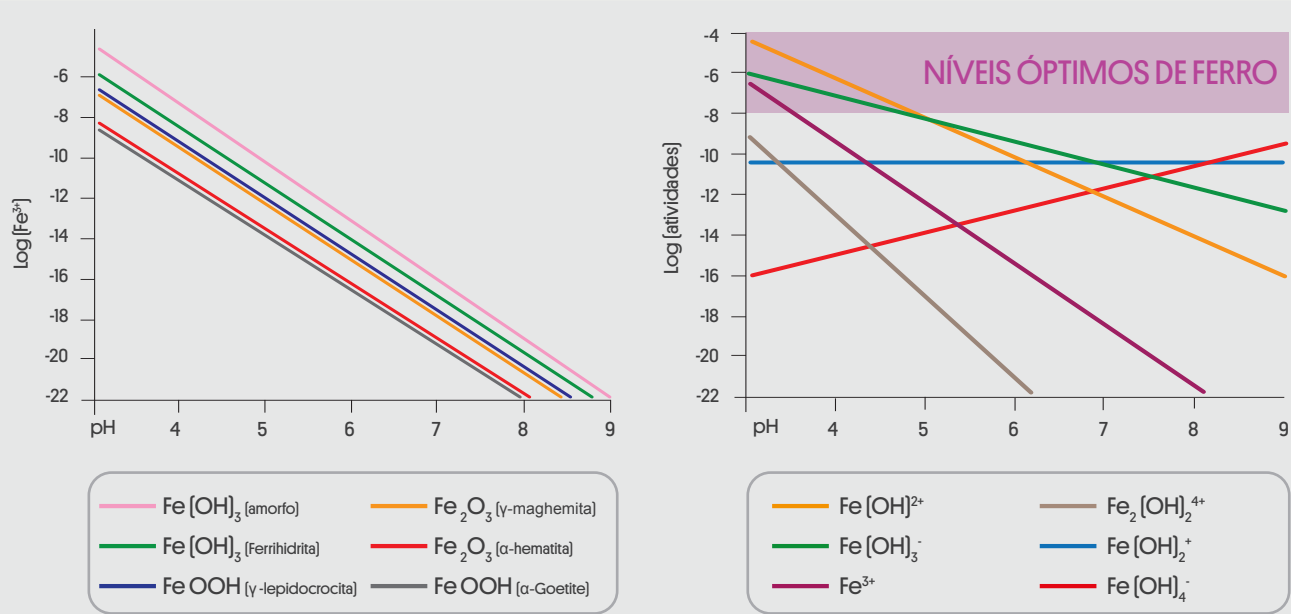


Fig. 3 atividade do Fe³⁺ em vários óxidos e hidróxidos férricos presentes nos solos de acordo com o pH [Lindsay, 1979].

Fig. 4 Espécies hidrolisadas de Fe³⁺ em equilíbrio com o solo de Fe [Lindsay, 1979].

SOLO	HORIZONTE, CARACTERÍSTICAS	FERTILIDADE	pH	DISTRIBUIÇÃO
Alfissolos	Diferenciado, particularmente o horizonte argiloso	Deficiente, necessita de fertilizantes	7.5 / 7.8	Regiões húmidas e temperadas do Norte América e Europa
Aridissolos	Diferenciado, particularmente o horizonte argiloso	Bom com riscos	7.8 / 8.1	Em regiões desérticas em todo o mundo
Molissolos	Diferenciado, com um horizonte de superfície espesso, escuro e orgânico	Excelente, particularmente para os cereais	6.1 / 8.6	Grandes prados, Pampa argentina, Estepe russa
Vertissolos	Nenhum, alto conteúdo de argila expansiva	Bom	7.6 / 9.5	Pastagens em regiões sazonalmente secas, por exemplo Índia, Sudão, Texas

Tab. 1 Principais características dos solos [alfissolos, aridissolos, molissolos, verissolos].



1.5.3 Interações entre ferro e outros elementos

Os nutrientes essenciais às plantas podem interagir com o ferro e desencadear sua deficiência nas culturas; a seguir, algumas das interações mais relevantes:

INTERAÇÃO IÔNICA ENTRE Fe/Mn

Os microelementos ferro e manganês são interdependentes: o efeito da presença de um no tecido vegetal coincide proporcionalmente com a quantidade do outro. A reatividade do ferro depende do seu estado de oxidação, mas o manganês tem melhor potencial de oxidação do que o ferro; se houver um equilíbrio entre os dois, Mn oxida o excesso de ferro e transforma-o em ferro inativo, que é imobilizado por fosfatos, formando um precipitado de fosfato de ferro [fosfoproteína chamada fitoferritina]. Se houver um desequilíbrio entre os dois, duas condições diferentes podem ocorrer:

1. O excesso de ferro na solução causa a perda de equilíbrio

dinâmico entre os dois elementos, resultando em sintomas secundários de excesso de ferro com sintomas semelhantes à deficiência de manganês.

2. Se houver excesso de manganês, as plantas tornam-se cloróticas em suas novas folhas com sintomas semelhantes à deficiência de ferro. O excesso de manganês causa oxidação excessiva de Fe^{2+} para Fe^{3+} , sendo este último insolúvel e, portanto, inutilizável para as células. Altos níveis de Mn solúvel no tecido estão relacionados a baixos níveis de Fe solúvel e vice-versa, [Somers

e J. W. Shive 1942]. Em situações de cultivo no campo, a clorose de ferro ocorre ao mesmo tempo, mascarando a clorose desencadeada por deficiência de manganês. A correção deste último em muitos casos causa a manifestação visual do segundo e a exacerba. Isso foi confirmado em inúmeras ocasiões por pesquisadores [Warden et al. 1991]. Isso significa que a razão Fe/Mn em soluções de nutrientes é mais importante do que as concentrações de Fe e Mn [Somers e Shive 1942, e Warden 1991].

Fig.6 Distribuição global do solo [alfisolos, aridisolos, molisolos, vertisolos]: fonte USDA-NRCS adaptada por VALAGRO 2011.

■ Distribuição global de solos alfisolos, aridisolos, molisolos e vertisolos.

INTERAÇÃO IÔNICA ENTRE Fe/K

O papel do K^+ é muito importante no que diz respeito ao funcionamento da bomba de prótons; assim, as plantas não são capazes de responder ao stress de ferro na ausência de K^+ , mesmo que o íon seja substituído por Na [Jolley et al 1988], o que significa que o conteúdo suficiente de potássio está relacionado a uma melhor resposta à deficiência de ferro, tanto nas plantas da Estratégia I quanto II [Hughes et al, 1992].

Portanto, a presença de potássio é importante para a disponibilidade de ferro; isso é considerado útil em termos agronômicos.

FITOSIDERÓFOROS

Muitos autores demonstraram que os fitosideróforos (PS) liberados por espécies gramíneas podem mobilizar Fe de fontes de solo solúveis com moderação [Römheld e Marschner 1990]. A quantidade de fitosideróforos presentes no ambiente está relacionada ao grau de clorose [Kawai et al, 1988].

TEMPERATURA

Temperaturas extremas são outro fator que induz a clorose de ferro; baixas temperaturas causam uma redução no desenvolvimento radicular e, assim, uma redução na capacidade de absorver ferro [Chaney, 1984]. Ao mesmo tempo, altas temperaturas reduzem a estabilidade dos fitosideróforos, reduzindo a disponibilidade do ferro [Awad et al. 1988].





2

Ferro nas plantas

Giustino Sirolli, Gianluca Nicolini -
Global Research

2.1 Absorção

Na presença da deficiência de ferro, as plantas podem permanecer indiferentes, podem desenvolver resposta leve (plantas ineficientes) ou desenvolver mecanismos de adaptação que lhes permitam aumentar sua capacidade de absorver ferro a partir da solução do solo (Fig. 7) [plantas eficientes] (Mengel e Kirby, 2001).

Em cada grupo, o grau de resposta é diferente, mesmo entre espécies e genótipos (Brown e Jolley, 1988; Shi et al., 1993).

Em relação aos estados de oxidação em que o ferro se apresenta no solo - férrico Fe^{3+} e ferroso Fe^{2+} - aceita-se que a planta prefira Fe^{2+} , embora existam algumas plantas capazes de absorver ferro como Fe^{3+} . O Fe^{2+} é preferencialmente absorvido através das raízes através de um processo de absorção ativa (Uren, 1984), em solos bem arejados, que normalmente é o tipo de solo em que se encontra terras agrícolas.

Nessas condições, é necessário dar um passo prévio na redução do Fe^{3+} para o Fe^{2+} . Este processo é realizado por uma enzima redutase localizada na membrana plasmática da raiz (Römheld, 1987).

Fe^{2+} também é absorvido através da epiderme foliar e da superfície dos ramos.

2.2 Estratégias de Absorção

Em situações em que há deficiência de ferro no meio ambiente, plantas superiores desenvolveram uma série de mecanismos para aumentar a disponibilidade de ferro na solução do solo. As referidas plantas são divididas em dois grupos com base no modelo de resposta que desenvolvem com essa deficiência: estratégia I e estratégia II (Marschner et al 1986; Brown and Jolley, 1988; Hopkins et al 1992).

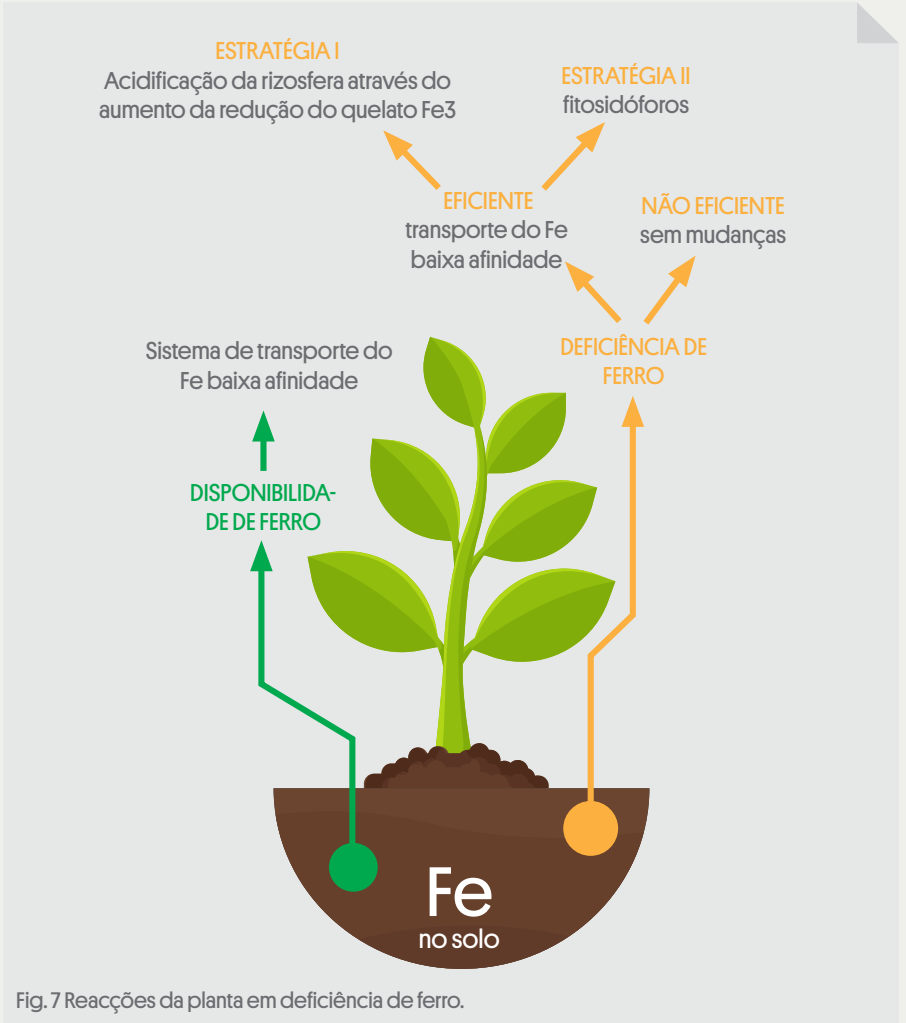


Fig. 7 Reações da planta em deficiência de ferro.

LEGENDA

- UNIDIRECCIONAL
- ↔ MUTUO



ANTAGONISMO

POTÁSSIO [K]	→	BORO [B]
MAGNÉSIO [Mg]	↔	POTÁSSIO [K]
MOLIBDENO [Mo]	→	COBRE [Cu]
COBRE [Cu]	→	MANGANÊS [Mn]
		FERRO [Fe]
FÓSFORO [P]	→	ZINCO [Zn]
		POTÁSSIO [K]
		COBRE [Cu]
		CÁLCIO [Ca]
		FERRO [Fe]
ZINCO [Zn]	→	FERRO [Fe]
BORO [B]	→	POTÁSSIO [K]
FERRO [Fe]	→	FÓSFORO [P]
NITROGÊNIO [N]	→	POTÁSSIO [K]
		COBRE [Cu]
		BORO [B]
CÁLCIO [Ca]	↔	POTÁSSIO [K]
		MAGNÉSIO [Mg]
		NH4+
CÁLCIO [Ca]	→	MANGANÊS [Mn]
		ZINCO [Zn]
		BORO [B]
		FÓSFORO [P]
		FERRO [Fe]



SINERGISMO

NITROGÊNIO [N]	→	MAGNÉSIO [Mg]
MAGNÉSIO [Mg]	→	FÓSFORO [P]
MOLIBDENO [Mo]	→	NITROGÊNIO [N]
POTÁSSIO [K]	→	MANGANÊS [Mn]
		FERRO [Fe]
SULFATO [SO2]	→	NITROGÊNIO [N]
		POTÁSSIO [K]
		COBRE [Cu]
		MANGANÊS [Mn]
		MAGNÉSIO [Mg]
FERRO [Fe]	→	MANGANÊS [Mn]

Tab.2 Interação iônica dos nutrientes no solo.

2.2.1 ESTRATÉGIA I

Plantas dicotiledôneas e monocotiledôneas, exceto gramíneas desenvolvem esse tipo de resposta. Em circunstâncias em que há uma deficiência de ferro, essas plantas melhoram sua absorção através de três reações:

1. aumento da atividade de redução ligada à membrana plasmática nas células da rizoderme, responsável pela redução do Fe^{3+} , o que causa um aumento na decomposição e velocidade da redução do Fe^{3+} , que por sua vez causa um aumento na velocidade de decomposição do Fe^{3+} quelatado e, conseqüentemente, absorve o ferro reduzido para a planta. Esta dissociação dos quelatos é o principal mecanismo na estratégia I. Isso faz com que as células radiculares das plantas na estratégia I possuam dois sistemas para reduzir o Fe^{3+} : redutase padrão e turbo, sua capacidade de redução é 20 vezes maior que o sistema padrão [Moog e Brüggeman, 1994].

2. Consiste na expulsão de H^+ através das raízes da rizosfera. Essa sub-estratégia é menos frequente; apenas algumas dicotiledôneas demonstram isso [Marschner et al., 1986; Zocchi e Cocucci, 1990; Toulon et al., 1992]. Este efeito deve-se à indução de uma bomba de prótons, que depende do ATP da membrana plasmática [Zocchi e Cocucci, 1990; Toulon et al., 1992]. A diminuição do pH da rizosfera ocorre uma vez que a capacidade de excretar prótons é aumentada, o que possibilita aumentar a solubilidade do ferro presente no solo e a atividade de redutase turbo porque esta enzima atinge sua atividade máxima em pH 6.5 [Holden et al., 1991; Jolley et al., 1988], enfatizando o papel do K^+ no funcionamento da bomba de prótons.

3. Esta terceira sub-estratégia é encontrada em algumas espécies; as plantas que demonstram a estratégia I caracterizado pela indução de um sistema de transporte de ferro na membrana plasmática [Young e Terry, 1982; Fox et al., 1996; Fox e Guerinot, 1998]. Estudos realizados com plantas de pepino mostraram que existem dois sistemas diferentes de transporte de ferro [um com alta afinidade e outro com

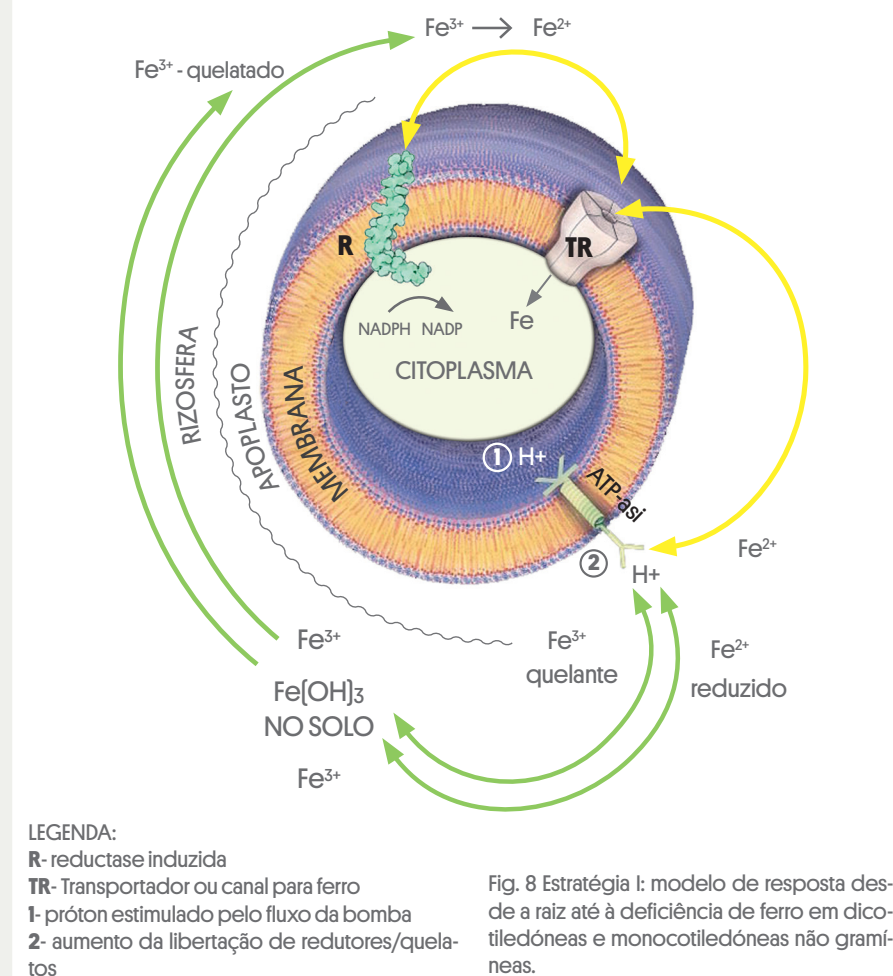


Fig. 8 Estratégia I: modelo de resposta desde a raiz até à deficiência de ferro em dicotiledôneas e monocotiledôneas não gramíneas.

baixa afinidade). Em situações em que há ferro suficiente, o sistema de baixa afinidade transporta o ferro para a planta, enquanto o sistema de alta afinidade é ativado se houver deficiências de ferro [Zaharieva e Römhelt, 2000].

MUDANÇAS MORFOLÓGICAS NAS RAÍZES

Além dessas três reações, as plantas que desenvolvem essa estratégia podem gerar outro tipo de resposta para aumentar a capacidade do solo de absorver ferro [Abadía 1998; López-Millán, 2000]. Eles tendem a aumentar a superfície de contato entre as raízes e o solo. As referidas mudanças consistem na formação de pelos radiculares, espessamento das regiões subapical e no desenvolvimento de células de transferência no espessamento [Welkie e Miller, 1993].

EXCREÇÃO DE COMPOSTOS COM BAIXO PESO MOLECULAR

As raízes das plantas podem excretar uma grande variedade de compostos orgânicos, incluindo a redução de açúcares, ácido fático, aminoácidos, ácidos orgânicos, compostos fenólicos e flavonoides. A taxa de exsudação e sua composição dependem do pH, da temperatura e do tipo de solo, da intensidade da luz, da idade e do estado nutricional da planta e da presença de microrganismos [Jones, 1998].

MUDANÇAS DE PROTEÍNAS NAS RAÍZES

Vários trabalhos realizados usando eletrodeposição e transcrição in vitro de mRNA raiz [Bienfait, 1988b; Herbik et al., 1996].

2.2.2 ESTRATÉGIA II

Apenas gramíneas desenvolvem esse tipo de resposta; a resposta das plantas da estratégia II às situações de deficiência de ferro é caracterizada pela liberação na zona raiz de aminoácidos proteínogênicos com baixo peso molecular, os chamados fitosideróforos, que quelatizam o Fe^{3+} presente no solo e são posteriormente absorvidos sem redução prévia através de um sistema de transporte para fitosideróforos Fe^{3+} com alta afinidade [Römhelt e Marschner, 1986; Takagi, 1976].

A realocação de fitosideróforos segue um ritmo diurno característico [Fig 9] e é rapidamente reduzido com a oferta de ferro [Marschner, 1995]. O ritmo diurno na liberação de fitosideróforos nas plantas com deficiências de ferro está inversamente relacionado ao volume de um determinado tipo de vesícula no citoplasma das células corticais [Nishizawa e Mori, 1987].

Fitosideróforos [PS] é o nome dado ao ácido mugineico e seus derivados. Eles são libertados através das raízes e formam complexos altamente estáveis com Fe^{3+} , aumentando assim a quantidade de ferro na solução. O número de PS liberado está relacionado ao grau de resistência à clorose [Kawai et al., 1988; Hansen et al., 1996]. A biosíntese do PS na raiz aumenta se a deficiência aumentar, com um aumento de até 20

vezes em relação às plantas controle [Takagi et al., 1984]. O transporte do complexo para o citoplasma celular é feito através de uma proteína específica que foi recentemente identificada [Curie et al., 2001] e está localizada na zona apical da raiz e permite o transporte do complexo Fe^{2+} -NA [NA= nicotianamina] e possivelmente outros metais [Hell e Stephan, 2003]. Uma vez que o complexo está no citosol, o Fe^{3+} é lançado e o PS degrada ou é excretado para o exterior.

Foi comprovado que o PS liberado e o complexo de ferro são absorvidos pelas raízes das plantas [Kawai e Alam, 2005]. Ambos demonstram absorção diferente, o que sugere que as células na raiz poderiam diferenciar entre o PS liberado e o complexo para que o PS liberado pudesse então ser excretado para

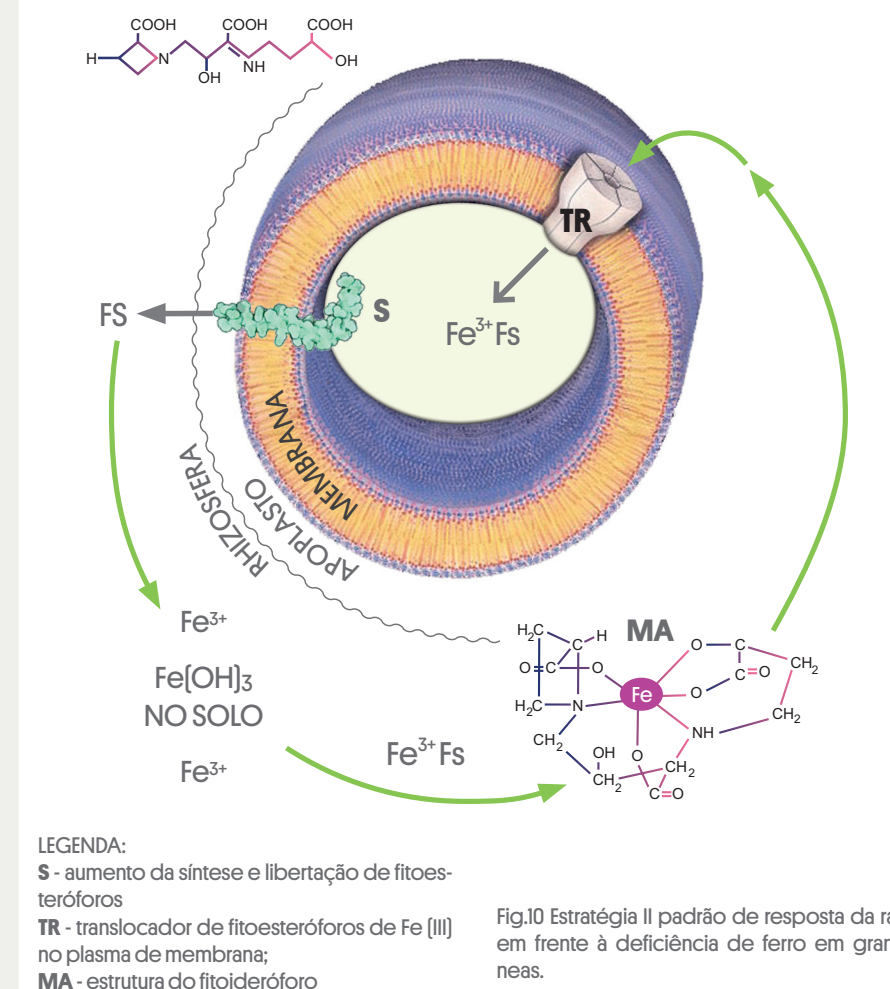


Fig.10 Estratégia II padrão de resposta da raiz em frente à deficiência de ferro em gramíneas.

a rizosfera. Metionina > nicotianamina > 2-ácido desoximugineico > ácido mugineico > ácido 3-hidromugineico. O ciclo de síntese de metionina [Fig.11] experimenta ativação substancial nas raízes das plantas deficientes de ferro causadas pela metionina para a síntese de fitosiderophores; este fato foi estabelecido em raízes, mas não na parte da planta que está acima do solo [Kobayashi et al, 2006].

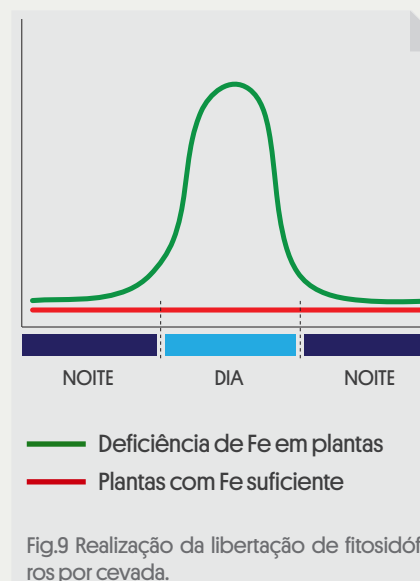


Fig.9 Realização da liberação de fitosideróforos por cevada.

2.3 Transporte de ferro nas plantas

O íon ferroso é transportado através do córtex da raiz através do simplasto por meio de plasmodesmos quando aparece na forma de Fe^{2+} -nicotianamina [Pich et al., 1997; Stephan, 2002]. Posteriormente e ainda no simplasto do sistema radicular, o Fe^{2+} sofre oxidação para se tornar Fe^{3+} . Uma vez na forma Fe^{3+} , é transportado para a parte aérea da planta através do xilema na forma de um complexo de citrato solúvel [Tiffin, 1970; Cambell e Redinbaugh, 1984; López- Millán et al., 2000^a; Mengel e Kirby, 2001; Stephan, 2002]. Uma vez que o ferro atinja as folhas, ele deve atravessar a membrana plasmática das células foliares. Esta etapa requer mais uma vez a redução do Fe^{3+} para o Fe^{2+} , processo que é realizado por uma enzima redutase como a da raiz [Brüggemann et al., 1993; de la Guardia e Alcántara, 1996; González-Vallejo et al., 1998, 2000; Rombolà et al., 2000]. Embora o transporte seja realizado através do xilema, o ferro foi encontrado no floema. A capacidade de transporte desse íon está relacionada com a resposta das plantas às deficiências de ferro. O transporte de Fe^{3+} no floema é feito como Fe^{3+} -nicotianamina [Becker et al., 1992; Stephan e Scholz, 1993]. Deve-se considerar que altas concentrações de Fe^{2+} no citoplasma celular têm efeitos tóxicos [Mengel e Kirby, 2001]. Portanto, o ferro deve ser rapidamente oxidado para Fe^{3+} . Assim, o íon ferroso é transportado para o cloroplasto, onde é oxidado para $\text{Fe}(\text{OOH})$ e acumulado na forma de uma fosfoproteína conhecida como fitoferritina, uma proteína multi-numérica que se isola mais de $4 \cdot 10^3$ átomos de ferro na forma de um mineral estável dentro do revestimento proteico [Theil, 1987; Andrews et al., 1992; Lahlou e Briat, 1993], criando uma reserva de ferro não tóxica na célula. A fitoferritina é encontrada principalmente nos cloroplastos, mas não se limita apenas a esta organela, como também foi encontrada no xilema e floema [Smith, 1984].

Em situações em que há deficiências de ferro, o íão férrico é mais uma vez reduzido a um íão ferroso, que poderia ser transportado na forma de

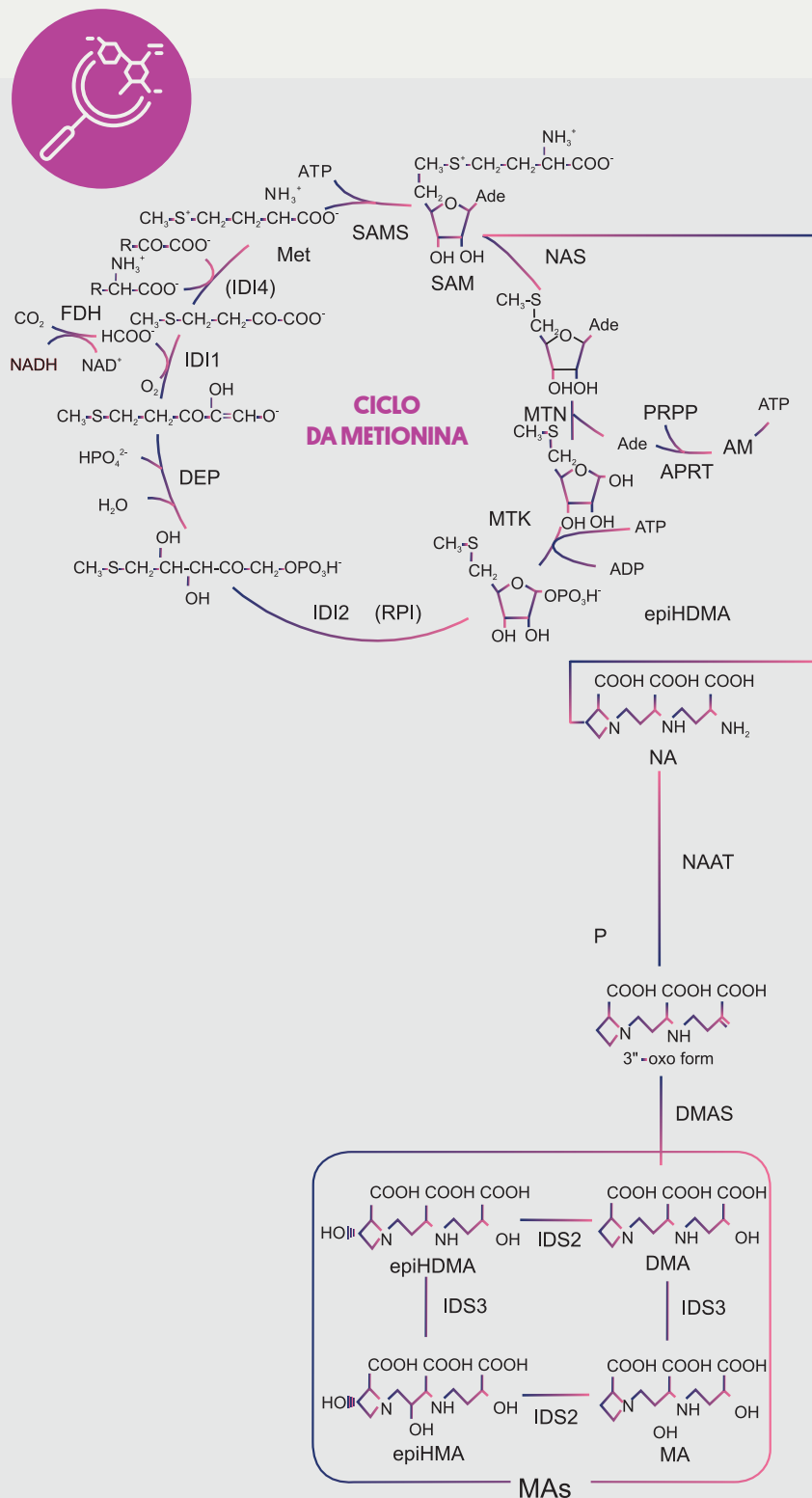


Fig.11 Síntese dos fitoesteróforos e do ciclo da metionina em Gramineae (Kobayashi et al., 2005).

Fe-nicotianamina através das células [Mengel e Bübl, 1983; Laulhere e Briat, 1993]. O transporte de ferro nas plantas da estratégia II, através das raízes e do xilema, é realizado na forma de Fe-fitosideróforos [Mori et al., 1991; Alam et al., 2001; Kawai et al., 2001].

2.4 Funções biológicas do ferro nas plantas

A deficiência de Fe é um problema mundial na produção agrícola, afetando o rendimento tanto qualitativamente quanto quantitativamente [Mortvedt, 1991]; as plantas não atingem seu potencial de crescimento total, e o valor nutricional está comprometido, levando a perdas econômicas e limitações na seleção de cultivares [Chaney, 1984]. Em casos extremos, a deficiência de Fe pode resultar em perdas completa da cultura [Chen e Barak, 1982]. A lista de espécies vegetais afetadas é vasta e inclui maçã, cítricos, videira, amendoim, arroz seco, sorgo e soja [Marschner, 1995].

Como componente crítico de proteínas e enzimas, o ferro desempenha um papel significativo em processos biológicos básicos como fotossíntese, síntese de clorofila, respiração, fixação de nitrogênio, mecanismos de absorção [Kim e Rees, 1992], é essencial para a manutenção da estrutura de cloroplasto e função de síntese de DNA através da ação da redução de ribonucleotídeos [Reichard, 1993]. O ferro também é um cofator ativo de muitas enzimas necessárias para a síntese hormonal vegetal, como etileno, lipoxigenase, 1-aminociclopropano ácido-1-carboxílico oxidase [Siedow, 1991], ou ácido abscísico [compostos que estão ativos em muitas vias de desenvolvimento vegetal e suas respostas adaptativas às condições

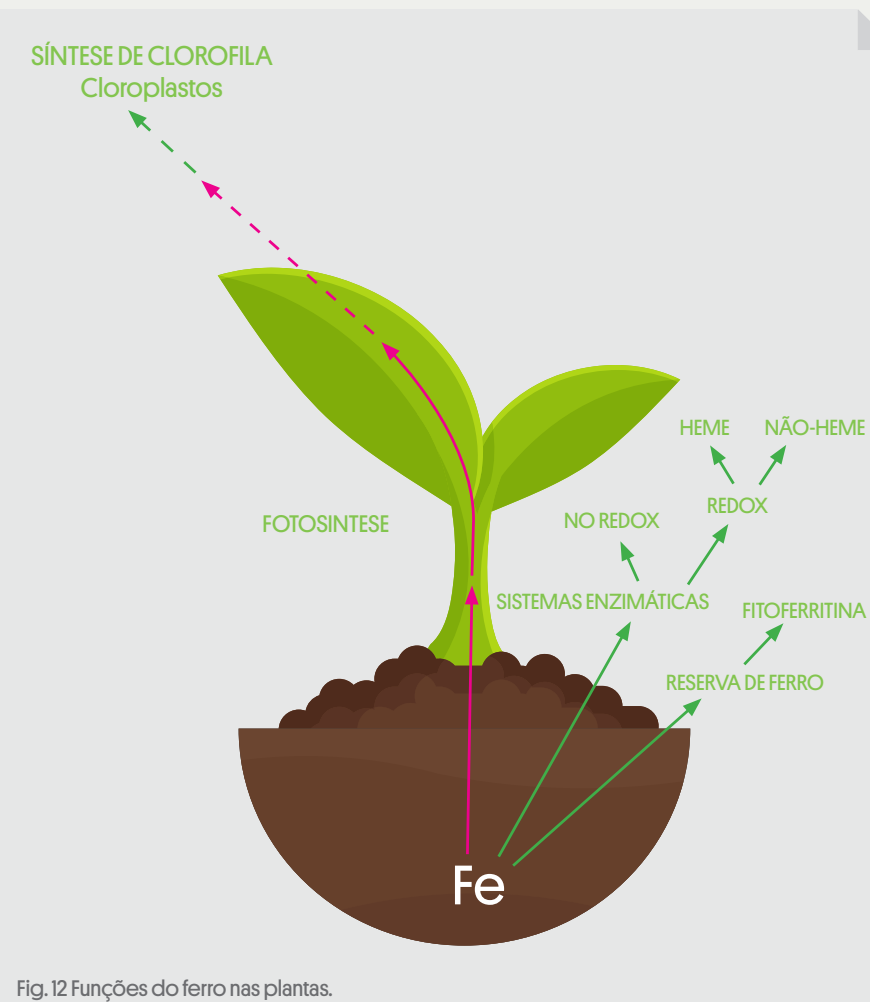


Fig.12 Funções do ferro nas plantas.

ambientais flutuantes] (Rout e Sahoo, 2015).

O mais conhecido dos componentes dos sistemas não-heme é a ferredoxina, uma proteína férrica que atua como um receptor final de elétrons em muitos processos metabólicos, como a fotossíntese, a redução do nitrato e sulfato [Mengel e Kirby, 2001; Marschner, 1995]. Seu alto potencial de redox permite reduzir substâncias como NADP⁺, nitrato, oxigênio e sulfato. A aconitase é uma enzima com ferro não-heme que catalisa a isomerização do citrato ao isocitrato no ciclo de ácidos tricarboxílicos [Hsu e Miller, 1968; Beinert e Kennedy, 1989; Marschner, 1995]. Outras enzimas com ferro não-heme são riboflavinas; elas

se acumulam em plantas com deficiências de ferro 200 vezes mais do que em plantas que crescem em ambientes com o suficiente do elemento [Welkie e Miller, 1989]. O dito acúmulo de riboflavina é produzido porque a deficiência de ferro causa alterações no metabolismo das purinas, uma vez que a enzima xantina oxidase é seriamente danificada [Schlee et al., 1968].

As enzimas superóxido dismutase constituem outro sistema de ferro não heme que elimina os radicais livres aniônicos superóxido: envolve isoenzimas comuns nos cloroplastos, mas também pode ser encontrado em mitocôndrias, peroxissomos, e citoplasma [Droillar e Paulin, 1990], ou xantina

oxidase, que tem funções em processos metabólicos como fotossíntese, respiração mitocondrial, fixação N₂, redução de SO₄²⁻ para SO₃²⁻ etc. Há séries de enzimas menos conhecidas em que o ferro também age como componente metálico em reações redox ou como um elemento de conexão entre enzima e substrato [Marschner, 1995]. Isso inclui os lipoxigenases que regulam a peroxidação lipídica, o que significa que estão envolvidos na

senescência celular e tecidual e nas incompatíveis combinações hospedeiro-patógeno e, portanto, na resistência às doenças [Nagarathana et al., 1992]. O ferro desempenha um papel importante na fotossíntese não apenas por causa de seu envolvimento na síntese de clorofila [Miller et al., 1984], mas também por sua influência na morfologia do cloroplasto [Terry e Abadía, 1986; Marschner 1995].

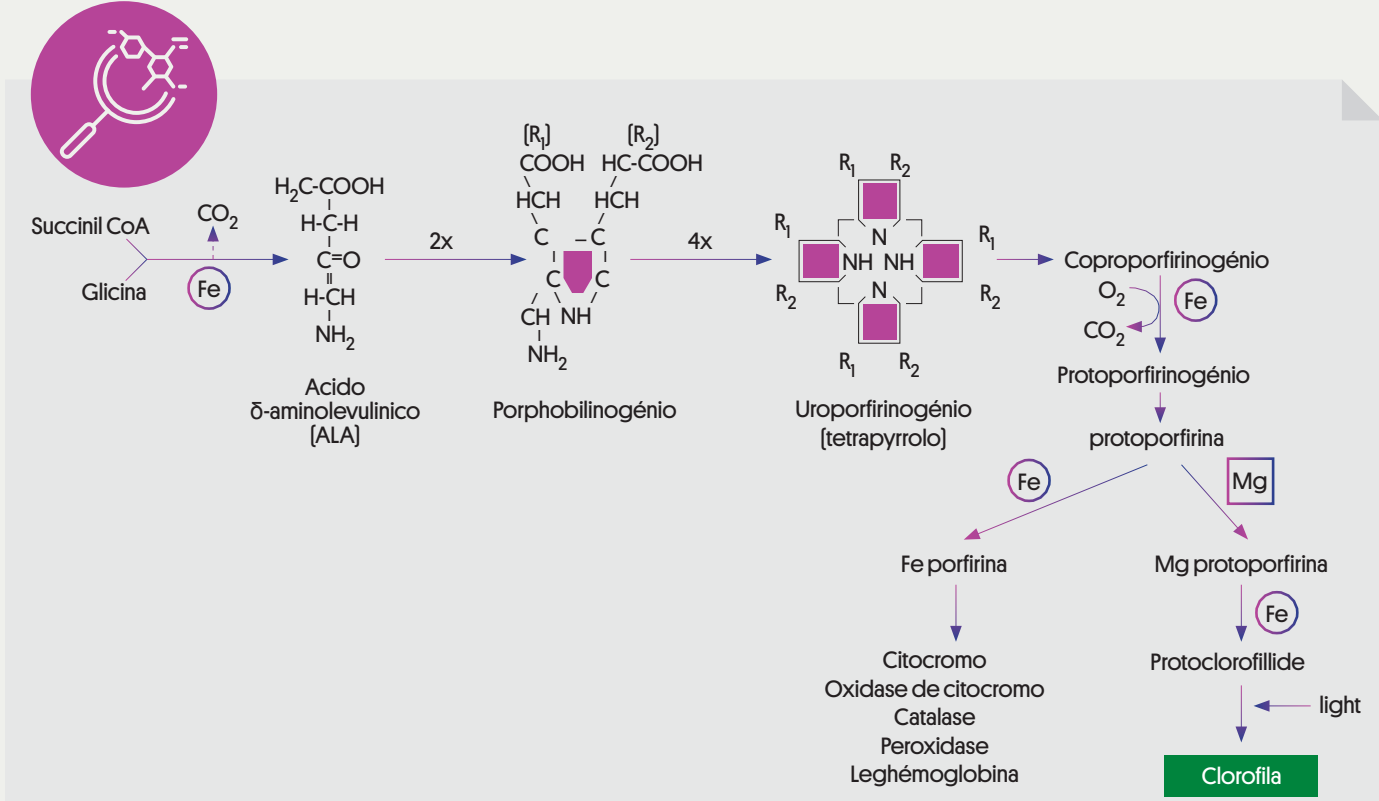


Fig.13 O papel do ferro na síntese da clorofila [Marschner, 1995].



3

Clorose
de ferro

Giustino Siroli - Global Research

3.1 CLOROSE DE FERRO

A clorose de ferro é considerada uma das deficiências nutricionais mais complexas [Pestana et al., 2003] e é causada por diversos fatores relacionados à disponibilidade de ferro no solo, sua absorção através das raízes e sua distribuição nos tecidos vegetais [Lucena, 2000^a; Alvarez-Fernandez, 2000].

A clorose de ferro geralmente se manifesta através da perda de cor verdenasfolhasdevidoàdiminuição da concentração de pigmentos fotossintéticos, fundamentalmente clorofila [Abadia e Abadia, 1993]. Geralmente ocorre na área internerval de plantas jovens, mas as nervuras permanecem verdes porque o ferro é pouco distribuído nas zonas de crescimento [Chaney, 1984].

Um fator importante na clorose de ferro é que provoca uma diminuição ou inativação de todos os processos fisiológicos em que o ferro está envolvido, em particular a síntese de clorofila, que é produzida na redução da produção e qualidade das culturas, incluindo a morte prematura da planta.

Os métodos utilizados para resolver esse problema são a aplicação localizada de sais de ferro e quelatos às plantas [aplicação no solo ou via foliar], modificação artificial do pH da solução do solo [aplicação de ácidos orgânicos e inorgânicos] e o uso de cultivares com a capacidade de absorver ferro de solos nos quais o elemento não está prontamente disponível [Olsen et al., 1987; Chen e Barak, 1982; Emery, 1982].

3.2 SINTOMAS VISUAIS

O sintoma de deficiência de ferro é o mais fácil de reconhecer das causadas por outros micronutrientes porque produz um tipo de clorose característica. Os sintomas variam dependendo de:

- A idade da folha;
- A severidade da deficiência;
- As condições ambientais.

No caso de plantas gramíneas, os sintomas são mais difíceis de identificar porque podem ser confundidos com magnésio pois ocorrem na forma de faixas amarelas entre nervuras que permanecem verdes. Deve-se considerar que, em muitos casos, a clorose é mais um problema de mobilidade de ferro do que de uma deficiência de ferro; portanto, não é incomum descobrir que em uma única planta há áreas com clorose de ferro e outras sem ela. Os sintomas visuais característicos são:

- As folhas velhas são verdes, enquanto as folhas jovens começam a ficar amarelas. Vários estudos mostram que há uma correlação entre a quantidade de ferro e o teor de clorofila nas folhas.
- À medida que o estado de deficiência avança, vê-se uma característica da clorose internerval; apenas as nervuras permanecem verdes, em contraste com a cor amarela ou branca do limbo foliar.
- Em casos de deficiência extrema, o amarelamento pode se tornar total e aparecer em áreas necróticas nas bordas do limbo, fazendo com que as folhas caiam cedo e, em casos extremos, ocorra a desfolhação total.
- Os ramos permanecem finos e curvados, causando uma redução significativa do crescimento.
- Nas plantas anuais observa-se uma diminuição do crescimento, uma aparência frágil e uma diminuição na produção. As plantas ficam desfolhadas e começam a secar nas bordas; frutas são pequenas e

maduras cedo.

3.3 CORREÇÕES NAS CLOROSSES DE FERRO

A clorose de ferro é considerada complexa, o que significa que para corrigir deve-se considerar diversas técnicas de prevenção e tratamento. A primeira solução é a seleção de cultivares genéticas, melhorando assim os mecanismos de absorção de ferro e diminuindo sua suscetibilidade à clorose de ferro [Charlson et al., 2003]. O uso de culturas tolerantes é considerado a melhor solução para combater essa deficiência em solos calcários, embora essa técnica esteja longe de ser uma solução para árvores frutíferas e outras espécies [Álvarez-Fernández et al., 2003a]. Trata-se de uma medida preventiva que é tomada antes da plantação. No entanto, uma vez estabelecida uma cultura, a aplicação de práticas agrícolas corretas é crucial na prevenção da ocorrência de clorose de ferro [Chen, 1997]. Essas práticas consistem em eliminar os riscos de compactação, alcalinização e alagamento do solo, dando preferência à boa drenagem e controlando a frequência de riscos. Outra prática, regularmente utilizada com árvores frutíferas e vinhedos, é o cultivo conjunto com outras plantas anuais, reduzindo assim a compactação e aumentando o conteúdo de porosidade, drenagem e material orgânico do solo. Trata-se de uma medida preventiva que é tomada antes da plantação. No entanto, uma vez estabelecida uma cultura, a aplicação de práticas agrícolas corretas é crucial na prevenção da clorose de ferro [Chen, 1997]. Em situações de deficiência de ferro, deve ser corrigido com a aplicação de fertilizantes com ou sem ferro no solo ou na planta. Dentro dos compostos

que contêm ferro encontra-se complexos férricos; quelatos de ferro e sais orgânicos férricos ou ferrosos que aumentam o teor de ferro na planta e no solo. E, dentro daqueles que não contêm ferro, há acidificadores e material orgânico que favorecem a solubilização do ferro nativo não disponível. Esses tratamentos podem ser aplicados ao solo em estado sólido ou líquido, em fertirrigação ou em aplicações foliares.

		
ALTO SENSIBILIDADE	MÉDIA SENSIBILIDADE	BAIXA SENSIBILIDADE
CITRINOS, VIDEIRA SORGHUM PEACH NOGUEIRA, PEREIRA SOYBEAN, ROSE MORANGO, TOMATE KIWI	ALFAFA CEVADA MILHO ARROZ TRIGO AVEIA	ÁRVORE DE MAÇÃ BATATA BETERRABA

Tab.3 Sensibilidade de diferentes culturas à carência de ferro.

Fig.14-19 sintomas visuais de clorose férrica nas plantas



Fig.14 Clorose férrica no milho



Fig.16 Clorose férrica na rosa



Fig.18 Clorose férrica em cereja



Fig.15 Clorose férrica na videira



Fig.17 Clorose férrica em pêssego



Fig.19 Clorose férrica na Azálea





Angelo Squadrone, Luciano Di Sciullo, Antonio Menna, Giuseppe Iezzi, Antonio Coccia, Giulio Maria Cocco - Global Operations

4.1 MOLÉCULAS QUELATANTES

Agentes quelatantes ou ligantes são moléculas orgânicas com dois ou mais grupos funcionais capazes de compartilhar pares de elétrons com um íon metálico central. Dessa forma, forma-se uma estrutura cíclica na qual o metal é retido, impedindo assim sua precipitação em condições ambientais específicas.

Os quelatos de ferro representam uma forma mais solúvel de ferro e, conseqüentemente, a absorção das raízes aumenta. Existem dois grupos de agentes quelatantes, ambos derivados de ácidos carboxílicos poliaminos, dependendo da presença ou ausência de grupos fenólicos em sua estrutura. Por um lado, há os agentes quelatantes que possuem uma estrutura como a do EDTA, que são chamados de não fenólicos, e, por outro, há aqueles que contêm grupos fenólicos [EDDHA, EDDHSA...]. A Figura 26 mostra a estrutura das moléculas o,o-EDDHA.

A estrutura dos agentes quelatantes fenólicos fornece seis grupos funcionais de doadores de elétrons: dois ácidos carboxílicos, duas aminas secundárias e dois fenóis. A força da coordenação dos grupos doadores está relacionada à acidez do metal e à basicidade do próton de oxigênio e do nitrogênio doador.

A melhor capacidade dos agentes fenólicos quelatantes deve-se à presença de dois grupos fenólicos, que são mais básicos, e permite manter efetivamente Fe^{3+} em solução em solos calcários (Lindsay, 1979).

	R1	R2
o,o-EDDHA	H	H
EDDHSA	SO_3K	SO_3K

Tab.4 Radicais de agentes quelatantes fenólicos.

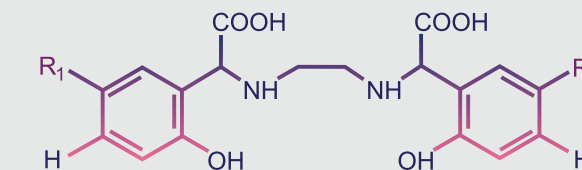


Fig.20 A estrutura do agente quelante fenólico.

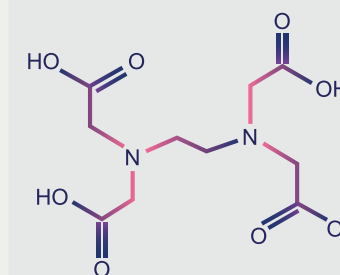


Fig.21 Estrutura do EDTA.

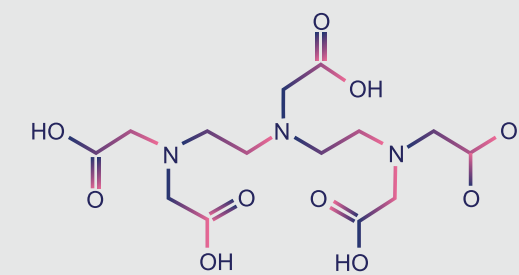


Fig.22 Estrutura do DTPA.

4.2 ESTABILIDADE DOS QUELATOS DE FERRO

Os fatores que afetam a estabilidade dos quelatos de ferro são a estrutura do agente quelante, o metal e as condições ambientais [luz, microrganismos, temperatura, força iônica, pH, pressão parcial de CO_2 , potencial redox e presença de outros íons] (Álvarez-Fernández, 2000).

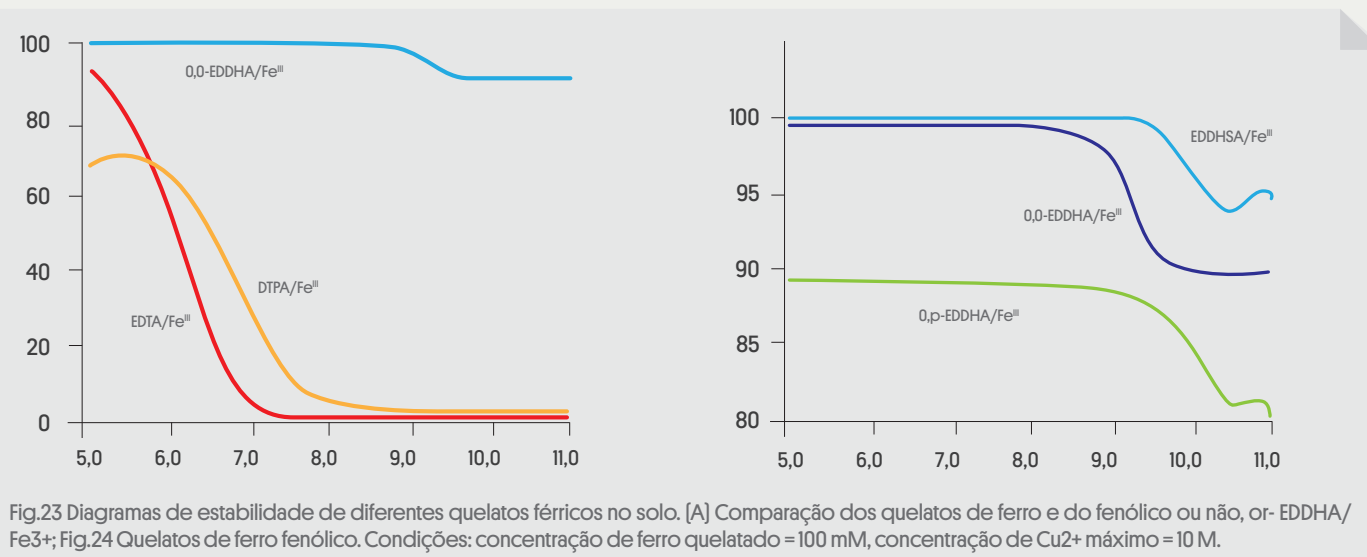
As constantes de estabilidade de diferentes agentes quelatantes com Fe^{3+} são relatadas na Tabela 5. Pode-se ver que as constantes de estabilidade dos quelatos de ferro fenólico são semelhantes entre si e consideravelmente superiores às dos não fenólicos, exceto os o,p-EDDHA/ Fe^{3+} .

Essas diferenças de estabilidade são fundamentalmente atribuídas à estrutura dos ligantes. A estabilidade do ferro quelatado feitos de ligantes hexadentados aumenta com o número de grupos fenólicos disponíveis na coordenação. Assim, a estabilidade do quelato de ferro aumenta se os carboxilatos forem substituídos por dois fenolatos para criar o,o-EDDHA ou EDDHSA (Tabela 5). O ferro quelatado também aumentam sua estabilidade

uma vez que o número de grupos de doadores disponíveis para coordenar está em uma disposição octaédrica com Fe^{3+} . Assim, a menor estabilidade constante para o,p-EDDHA/ Fe^{3+} c/n o,p-EDDHA/ Fe^{3+} , o grupo hidroxil fenólico está em posição "para" para o carbono alifático, e como consequência nenhuma ligação é feita com ferro, e a posição é ocupada por uma molécula de água (Yunta et al., 2003a).

EDTA	25,0
DTPA	27,3
o-o EDDHA	35,9
o-p EDDHA	28,72
EDDHSA	32,79
HBED	39,01

Tab. 5 Logaritmo das constantes de estabilidade de $[FeL]/[Fe^{3+}][L]$ com EDTA Fe^{3+} e DTPA Fe^{3+} (Martell e Smith, 1974) do regioisômero e diastereômeros de o,o-EDDHA e EDDHSA (Yunta et al., 2003 a and b).



4.3 QUALIDADES DOS QUELATOS

A quantidade de coordenação entre o metal e os compostos quelantes aromáticos varia de 4 a 6 com base na posição do oxigênio fenólico I as moléculas. Assim, o o-o-EDDHA forma seis ligações, o o-p EDDHA estabiliza o ferro com cinco ligações, e o p-p-EDDHA com apenas quatro ligações [como o que acontece com o ferro EDTA]. O número de ligações é um ponto fundamental para influenciar a estabilidade das moléculas quelatadas acima mencionadas, ou seja, sua incapacidade de evitar que o ferro seja insolúvel em um ambiente alcalino. Consequentemente, os produtos comerciais à base de EDDHA contêm sempre isômeros orto-orto, orto-para ou para-para; a qualidade do produto

final está principalmente ligada à porcentagem de orto, orto isômero, o complexo mais estável.

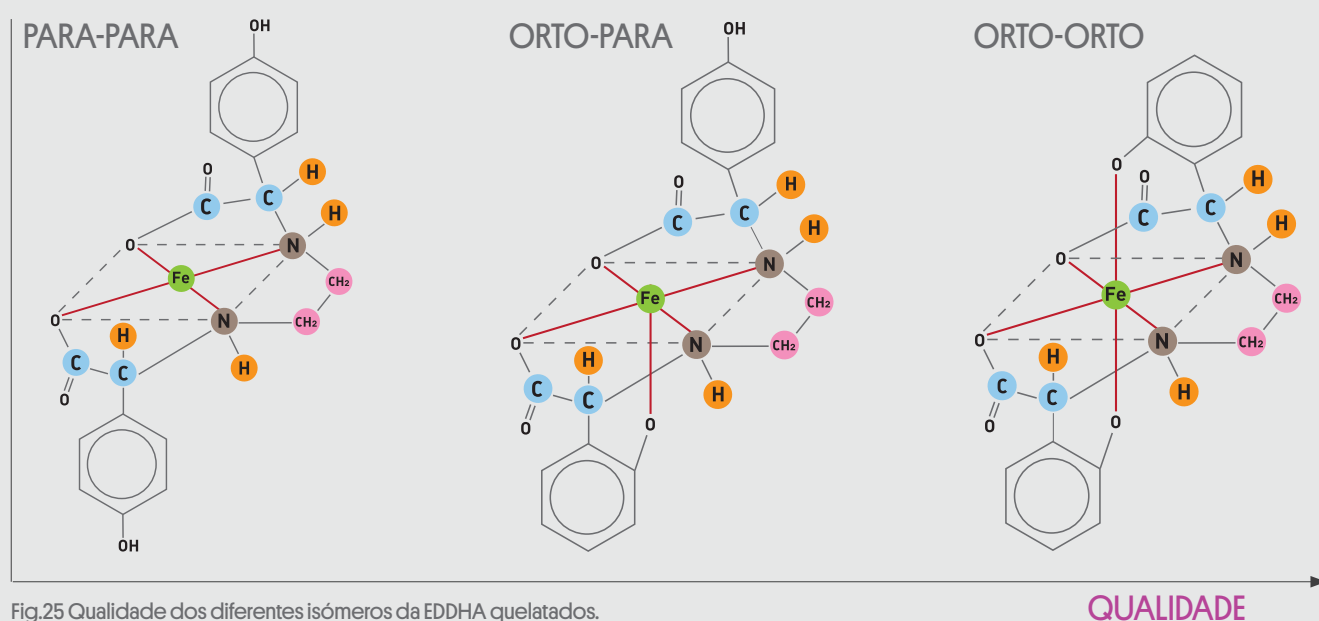
4.4.2.4 FERRO QUELATIZADO E SEU USO NA AGRICULTURA

Os quelatos de ferro são usados na agricultura para satisfazer as necessidades nutricionais das culturas. Se as culturas estiverem em condições pedoclimáticas não favoráveis, os quelatos podem ser usados de acordo com duas estratégias:

- Preventivo, quando os sintomas visíveis não se manifestaram e o

objetivo é evitar sua manifestação.

- Curativo, quando a clorose de ferro é visível, e o objetivo é recuperar o estado nutricional correto da planta. Com base na modalidade de aplicação, podemos distinguir entre os quelatos de ferro principalmente para uso radical [fenólicos: EDDHA, EDDHSA, HBED], e uso foliar [não fenólicos: EDTA, DTPA]. Os quelatos fenólicos são usados principalmente em aplicações radiculares porque são mais estáveis do que os quelatos não fenólicos nas faixas de pH que normalmente são encontrados em solos que favorecem a ocorrência de deficiência de ferro.



4.5 OS AGENTES QUELANTES NA LINHA FERRILENE PRODUZIDO PELA VALAGRO:

Fe-EDDHA

• É um complexo no qual o ferro é ligado a uma molécula orgânica através de ligações mais coordenadas [preferencialmente 6] no isômero orto-orto.

• Neste complexo, o ferro está totalmente disponível para absorção ativa através das raízes.

• Agronomicamente, a fração o-o do complexo EDDHA dá estabilidade e persistência ao Fe no solo e, portanto, é útil para curar deficiências de ferro em condições extremas.

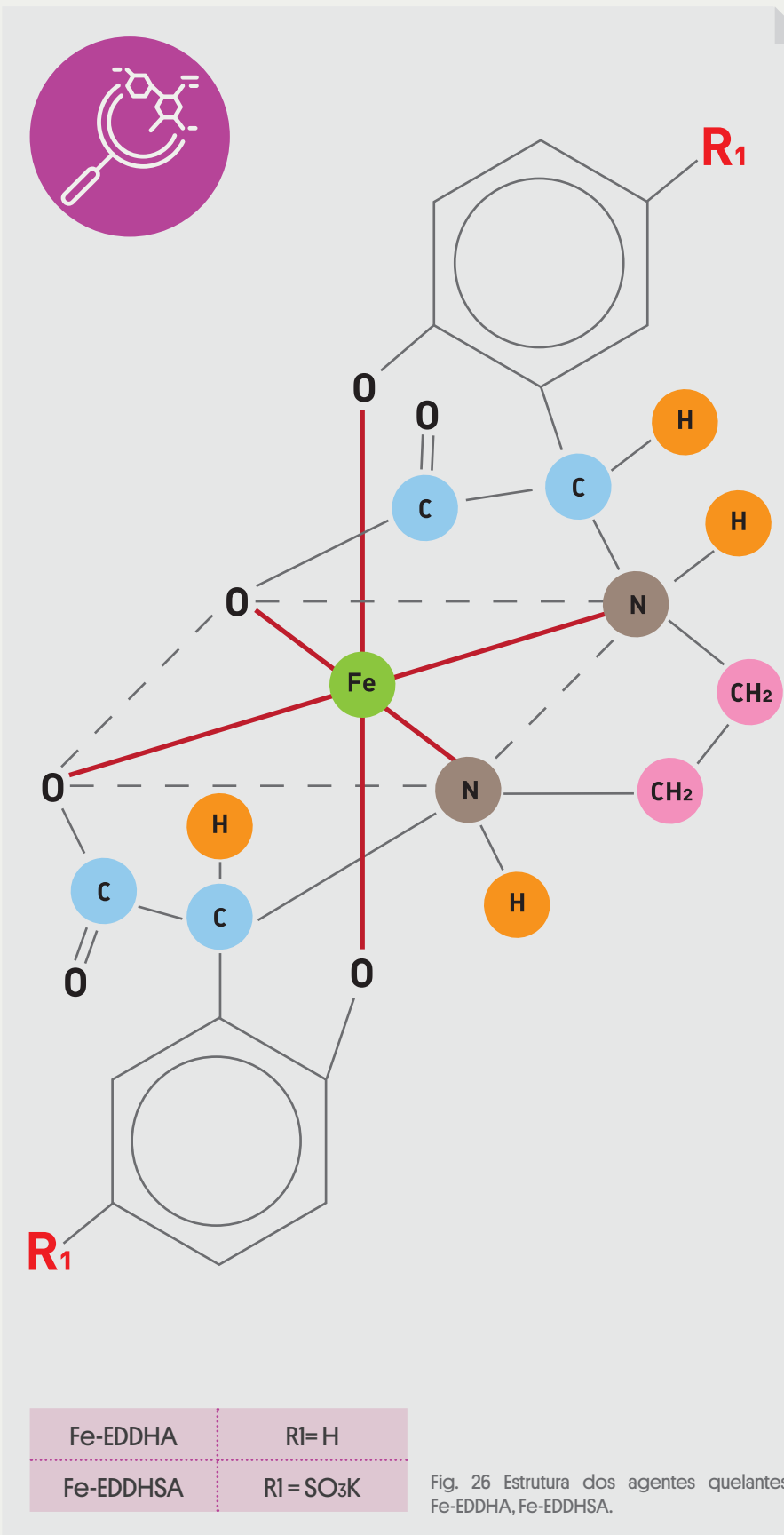
Fe-EDDHA

• Difere da molécula EDDHA devido à presença do grupo sulfônico na posição "para" no anel benzoico da estrutura fenólica.

• O sal de potássio é usado na síntese; quantidades suficientes de potássio otimizam a absorção de ferro no tecido vegetal.

• Agronomicamente, o complexo EDDHSA proporciona estabilidade e ação rápida ao Fe; isso aumenta o esverdeamento das plantas.

Além disso, a solubilidade do Fe-EDDHA é cerca de 3,4 vezes maior do que a do Fe-EDDHA. A presença de grupos sulfo torna os grupos fenólicos mais ácidos, o que resulta num aumento da afinidade do ferro para este quelante [Klem-Marciniak Molecules 2021, 26, 1933].





5

Linha Ferrilene

Rita Basile - Global Marketing & Development

5.1 HISTÓRIA DOS AGENTES QUELANTES

FAZEMOS QUELATOS!

A Valagro é uma das empresas mais importantes do mundo que fabrica produtos à base de ferro quelatado na sua própria fábrica de quelatação.

A capacidade de fabricar quelatos de ferro directamente é importante, pois permite à Valagro verificar e garantir a qualidade dos produtos finais. Os produtos quelatados são sempre verificados e analisados pelo laboratório interno da Valagro antes de serem embalados e comercializados.

A linha Ferrilene é uma linha completa dos melhores quelatos de ferro disponíveis [EDDHA, EDDHA] para se adequar a condições adversas específicas no solo onde a disponibilidade de ferro é prejudicada. Estes quelatos podem fornecer às plantas ferro na gama de pH 4-10. O quelato aumenta a solubilidade do ferro e transporta o ferro para a raiz da planta, onde liberta rapidamente o ferro. A linha inclui Ferrilene Trium, que devido aos seus diversos componentes tem a característica de ter tripla acção contra a clorose férrica; a linha Ferrilene inclui também Ferrilene 4.8 e Ferrilene.

HISTÓRIA DA PLANTA QUELANTE

No início dos anos 90, na Valagro (na altura chamada Farmer) começou a construção do novo edifício da fábrica para as instalações de quelatos, no qual trabalhava o Químico Valagro (Leo Giannantonio actualmente Director Global Q-EHS & Compliance), desempenhando assim um papel decisivo, cobrindo assim todas as necessidades das terras agrícolas, dos seus proprietários, e muito mais. Proveniente desse sector específico, Leo compreendeu que os micronutrientes quelatos eram fabricados por apenas um punhado de indústrias em todo o mundo, e embora constituindo um nicho de negócio, mesmo as pequenas produções garantiam margens económicas elevadas. Ele também conhecia as propriedades das moléculas que aprisionavam o nutriente, como as garras [ou chelae] de um caranguejo,



“Somos químicos, isto é, caçadores ... a natureza é imensa e complexa, mas não é impermeável à inteligência; devemos circular à sua volta, perfurá-la e sondá-la, procurar a abertura ou fazê-la.”

Primo Levi

transportando-o sem danos para a planta e evitando a sua solidificação e dispersão no solo. A expiração da patente de micronutrientes quelatados da Ciba significava que já não eram caros de fabricar, mas muito poucas indústrias o faziam. Giuseppe e Ottorino perceberam que seria mais económico produzir os seus próprios micronutrientes, considerando que já tinham as instalações. De facto, não só poderiam embalar e vender os quelatos, como também usá-los para fazer outros fertilizantes, por exemplo um tipo solúvel em água, e claro que o fabrico dos seus próprios ingredientes garantiria a qualidade que se tinha tornado o mantra da empresa, uma vez que era o único aspecto que a podia diferenciar. A aposta nos quelatos logo valeu a pena. A instalação gerida pela Pino Codagnone, que se tornou imediatamente a sua personificação

tendo supervisionado todo o processo de instalação, estava a funcionar em plena capacidade após alguns anos, aumentando significativamente o volume de negócios. Isto foi ajudado pelo facto de ter alargado a clientela potencial da empresa a outros tipos de indústrias que utilizam micronutrientes noutros sectores de produção, levando o Agricultor a adquirir a Siso, a própria fábrica onde a Leo trabalhava anteriormente, e a tornar-se a única empresa italiana a fabricar agentes quelantes. Mais investimentos, mais investigação e desenvolvimento, mais receitas, mais lucros: foi um círculo virtuoso, um caminho claramente definido que continuou a reforçar toda a estrutura.

Source: 2020 Valagro Book- Creating the future. Since 1980

FERRILENE 4,8 E FERRILENE
[cura e previne clorose de ferro]

CARACTERÍSTICAS

Nesta última classificação encontramos diferentes concentrações de ferro orto-orto quelatizado, bem como os mais importantes agentes quelantes, Fe-EDDHA [Ferrilene 4,8] e Fe-EDDHSA [Ferrilene]. Este grupo de quelatos estáveis fornece eficientemente ferro para culturas em condições difíceis e representam importantes ferramentas na cura e prevenção da clorose de ferro. Atualmente incluídos neste grupo de produtos estão os isômeros orto-orto e orto-para. Em resumo, dentro da linha Ferrilene encontramos produtos que são estáveis diante da hidrólise, garantem a absorção de ferro em situações difíceis, têm um efeito rápido e de longo prazo, o metal não é facilmente substituído por outros metais, não são fitotóxicos, são formados em microgrânulos solúveis que não geram poeira e garantem solubilidade rápida e total.



FERRILENE TRIUM
[Tripla ação contra cloroses]

CARACTERÍSTICAS

Ferrilene Trium é a mais recente inovação tecnológica dentro da linha: o resultado da pesquisa e desenvolvimento, marcando um ponto de viragem no tratamento

COMPOSIÇÃO

PRODUTO	FERRILENE 4.8	FERRILENE
AGENTE QUELANTE	EDDHA	EDDHSA
FERRO SOLÚVEL EM ÁGUA	6%	6%
FRACÇÃO QUELATADA	100%	100%
% FERRO ORTOORTO	4.8%	3.8%

MODO DE UTILIZAÇÃO E DOSAGEM

PRODUTO	FERRILENE 4.8	FERRILENE
FRUTOS DE POMÓIDEAS Kg/ha	5-30	10-30
FRUTOS COM CAROÇO Kg/ha	5-30	10-30
MORANGO Kg/ha	5-15	5-15
CITRINOS Kg/ha	5-30	10-30
UVA DE MESA Kg/ha	5-30	10-30
KIWI Kg/ha	5-30	10-30
HORTICILAS/ CULTURAS INDUSTRIAIS Kg/ha	5-15	5-15
FLORES Kg/ha	5-15	5-15
PLANTAS POTADAS g/plant	0,5 - 2	0,5 - 2

da clorose de ferro através de uma abordagem multi-estratégia. Ferrilene Trium baseia seu efeito em uma série de elementos interrelacionados que o tornam um produto integral e único entre os produtos que se concentram na correção da clorose de ferro. FERRILENE TRIUM contém diferentes componentes que estão interrelacionados no complexo solo-planta, como mostrado na

figura a seguir. Tudo isso dentro de um pequeno, complexo e altamente solúvel microgrânulo obtido através de uma reação química especificamente projetada pela VALAGRO, fruto da visão da GEAPOWER, que mais uma vez manifesta o conhecimento e a tecnologia de Valagro na produção e desenvolvimento de soluções adaptadas à agricultura.

COMPOSIÇÃO

1. No FERRILENE TRIUM existem dois tipos de quelatos de ferro, Fe-EDDHA e Fe-EDDHSA em posição orto-orto; o primeiro Fe-EDDHA se distingue por sua estabilidade e persistência no solo. O segundo Fe-EDDHSA é um quelato estável que é simultaneamente altamente solúvel, o que lhe dá a característica de ação rápida. O sal de potássio é usado na síntese do produto; potássio administrado em quantidades adequadas otimiza a absorção de ferro, o que torna a presença de potássio nesta forma uma característica positiva do produto.

2. FERRILENE TRIUM contém uma razão igual de ferro e manganês; assim, nesta seção discutiremos brevemente a importância do manganês na planta. Este micronutriente é absorvido pela planta principalmente em forma divalenta [Mn2+]. Nesta forma, combina-se rapidamente com ligantes orgânicos nos quais pode ser rapidamente oxidado a Mn [III] e Mn [IV]. Manganês tem várias funções no metabolismo da planta. Os estudos sobre manganês em plantas verdes mostram que atuam na quebra da molécula de água e o sistema de reação do O2 a partir da fotossíntese que ocorre nos cloroplastos e que é chamada de reação de Hill. Como resultado, a deficiência de manganês afeta principalmente a fotossíntese e a reação de O2. Além disso, é um catalisador da síntese da clorofila e participa das reações de redução de oxidação nas plantas. Forma uma parte estrutural do manganina, um constituinte na síntese da glutatona, ativação da metionina, controle hormonal e síntese proteica. O manganês [Mn] também atua como um importante cofator para várias enzimas fundamentais na biossíntese de metabólitos secundários na planta associada à via do ácido chiquímico, incluindo aminoácidos

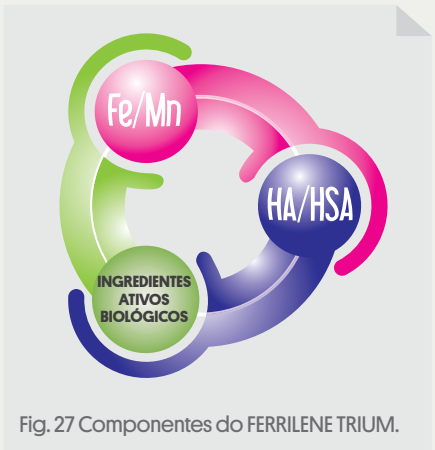


Fig. 27 Componentes do FERRILENE TRIUM.

aromáticos fenólicos, coumarinas, lignina e flavonoides. A presença atual de ferro e manganês em Ferrilene Trium na forma de quelatos altamente estáveis garante que uma relação recíproca ótima seja mantida entre os dois elementos, evitando o fenômeno da clorose secundária.

3. A presença de ingredientes biologicamente ativos faz do Ferrilene Trium um produto único que oferece uma resposta integral ao curar e prevenir a clorose de ferro. A ação tripla de Ferrilene Trium:

ACTION	RESULT
1. Facilita a absorção do ferro através de dois agentes quelantes distintos, Fe-EDDHA/ Fe-EDDHSA.	Tem acção rápida [ED-DHSA] e é persistente [EDDHA] na cura e prevenção da clorose férrica.
2. Proporciona à planta o equilíbrio certo de Fe/ Mn	Garante uma relação óptima entre os dois elementos, melhorando as funções metabólicas na planta e curando-a da clorose férrica castrada por deficiência de Fe e Mn.
3. Os ingredientes activos biológicos melhoram a actividade dos portões de prótons.	Melhora a capacidade de absorção da planta, tornando-a mais forte e mais vigorosa.

Os componentes biologicamente ativos com atividades bioestimulantes atuam diretamente na raiz aumentando os níveis de absorção de ferro e manganês e melhorando o teor de clorofila das folhas.

5.2.3 MODO DE UTILIZAÇÃO E DOSAGEM (FERTIGAÇÃO)

PRODUTO	FERRILENE TRIUM
POMACEAS	10-30 Kg/ha
DRUPACEAS	10-30 Kg/ha
MORANGO	5-15 Kg/ha
CITRINOS	10-30 Kg/ha
UVA DE MESA	10-30 Kg/ha
KIWI	10-30 Kg/ha
HORTICOLAS/CULTURAS INDUSTRIAIS	5 -15 Kg/ha
FLORES	5-15 Kg/ha
PLANTAS POTADAS	0.5 - 2 g/plant

PRODUTO	FERRILENE TRIUM
AGENTE QUELANTE	EDDHA/ EDDHSA
FERRO SOLÚVEL EM ÁGUA	6%
FRACÇÃO QUELATADA	100%
% FERRO ORTOORTO	4.0%
MANGANESE [MN-EDTA]	1%
POTÁSSIO [K2O]	6%



6

Abordagem
fenómica

Stefano Di Russo - Plant phenotyping
associate

6. ABORDAGEM FENÓMICA SOBRE KIWIS

Usando o Sistema Scanalyzer 3D, obtemos imagens em diferentes comprimentos de onda (RGB, UV, NIR) e observamos os efeitos do protótipo em análise no fenótipo da planta.

Padronização das condições de crescimento das plantas (irrigação, microclima, solos) e dados informatizados nos permite analisar eficientemente os resultados de mais de 3.000 plantas por dia.



Fig. 28 Sistema Scanalyzer 3D.

Começamos a ver o ensaio sobre kiwifruit, variedade hayward, Neste ensaio, foram testados 7 quelatos diferentes em comparação com o ensaio sem tratamento. 1 aplicação para cada um quando a clorose apareceu, foi feita.

Informação geral

Localização	Metaponto (Sul da Itália)
Variedade	Hayward
Invest [p/ha]	-
Nível de ensaio	II



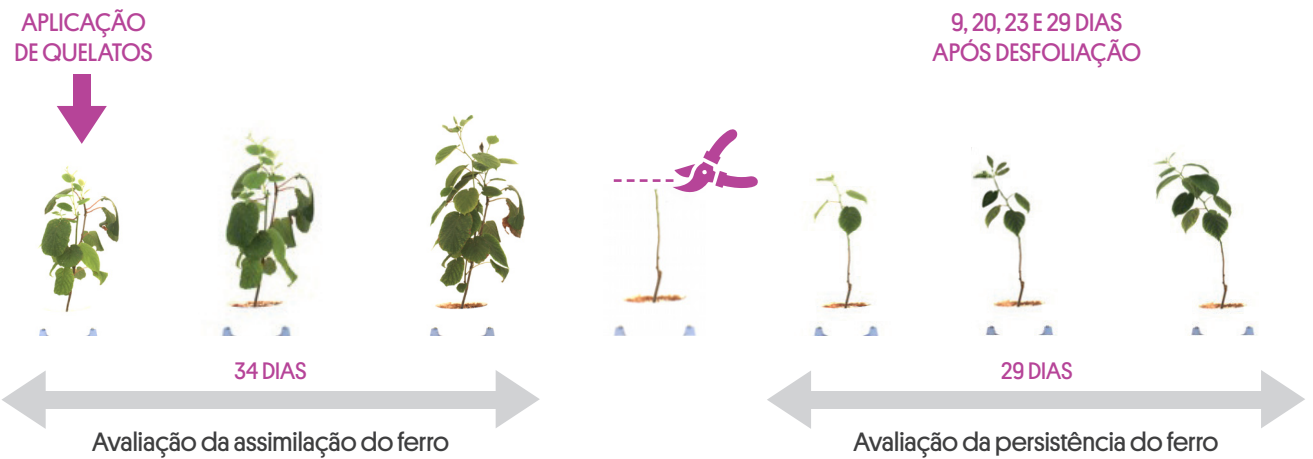
Data e fase de crescimento das aplicações

Nº	Tratamento	Data	Fase de crescimento
1º	A	04/07/2012	Quando apareceu a clorose

Tratamentos

Tratamento	Dosagem	Nº de aplicações	Volume de água	Data dos tratamentos
FERRILENE 4,8	5 g/planta	1	100 ml/planta	A
TRIUM	5 g/planta	1	100 ml/planta	A
Não tratado	-	-	-	-

Nestes ensaios avaliámos a assimilação do ferro até 34 dias após a aplicação de quelatos. Em seguida, removemos as folhas para avaliar a persistência do ferro no solo até 29 dias após a desfoliação. Em ambos os casos, foi detectada biomassa digital, aumento das classes de cor e baixa florescência. Começamos a ver a avaliação da assimilação do ferro.



1. RGB [Red-Green-Blue] → crescimento e cor

- Biomassa digital
- Aumento das classes de cor

2. UV [ultravioleta] → actividade fotossintética

- Baixa florescência

Lado 1 [0°]

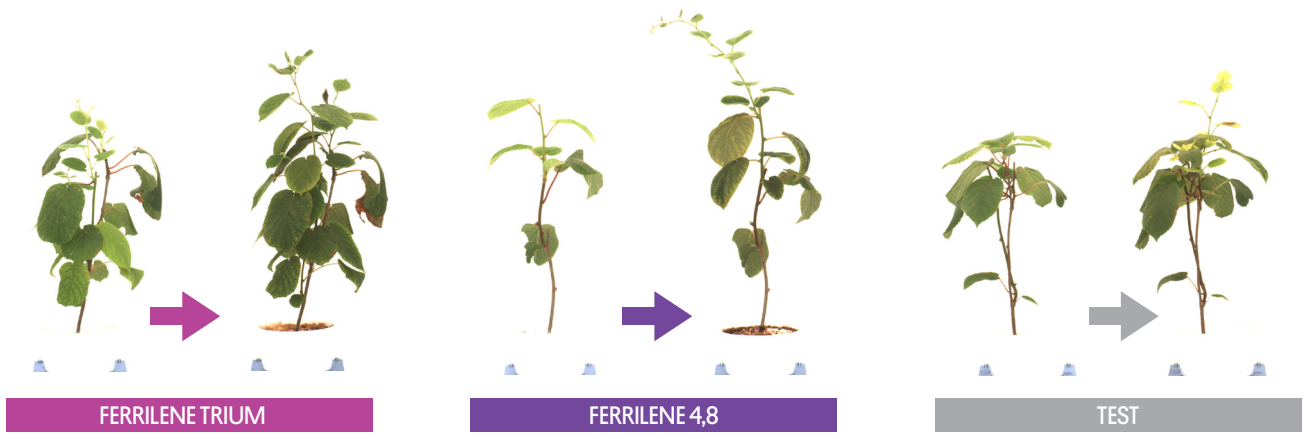
Lado 2 [90°]

Vista superior

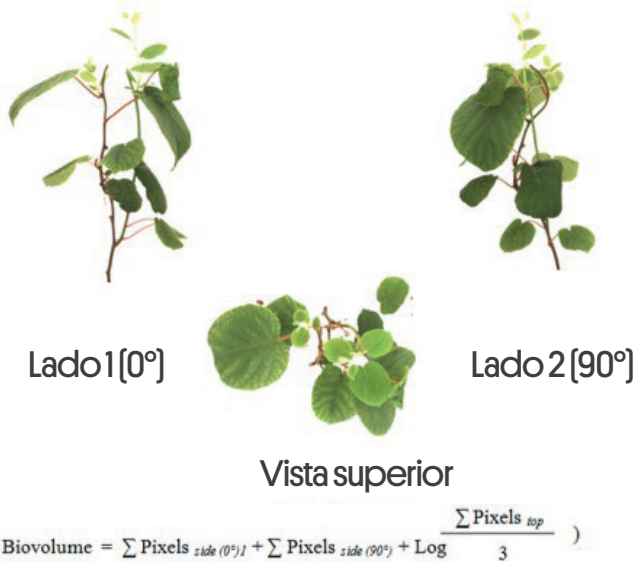
Color Classes:

- Colorclass_01
- Colorclass_02
- Colorclass_03
- Colorclass_04
- Colorclass_05
- Colorclass_06

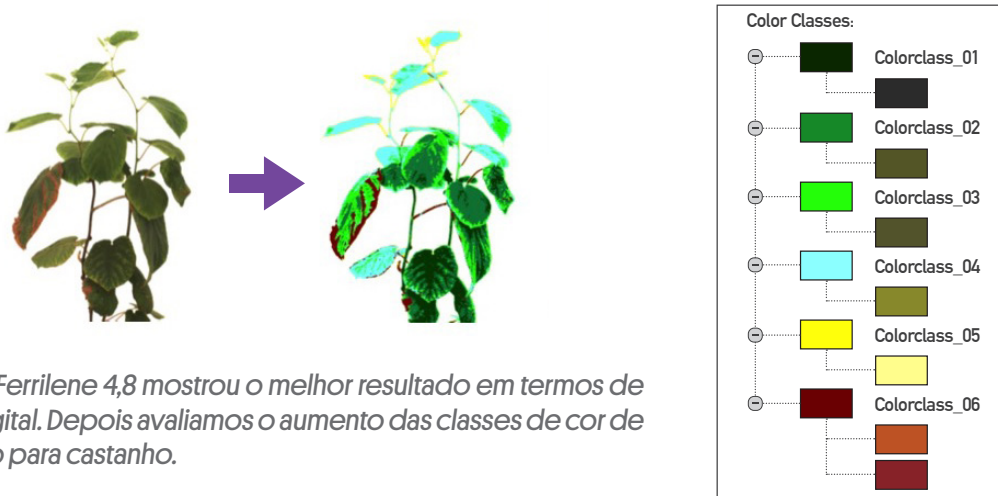
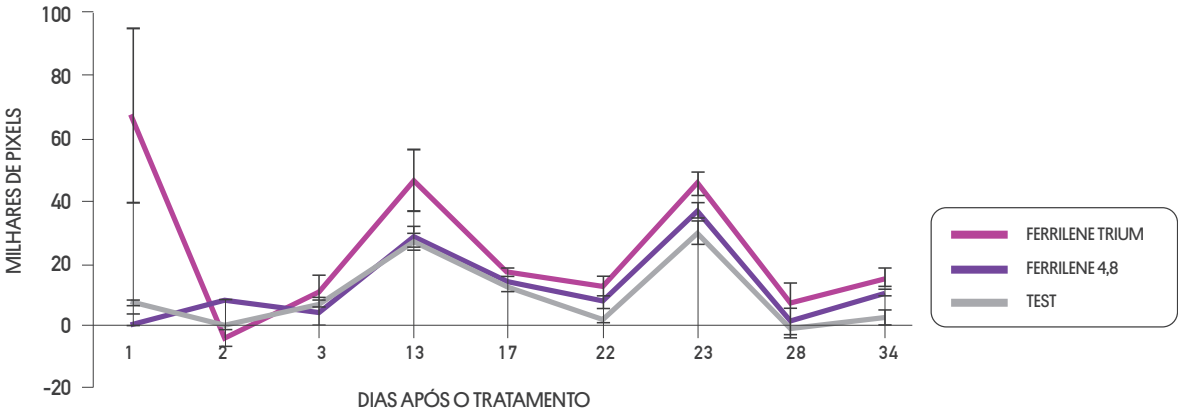
RGB: AVALIAÇÃO DA ASSIMILAÇÃO DO FERRO - BIOMASSA DIGITAL



São imagens tiradas na câmara RGB antes da aplicação. Vejamos o crescimento da planta após a aplicação de quelatos. Esta é a situação 34 dias após a aplicação. Como se pode ver, o teste não tratado mostrou algumas folhas apicais amarelas em comparação com outros tratamentos.



Na câmara RGB tomámos para cada tratamento 3 imagens diferentes: Em lado, vista de cima e lado 90 graus; do que através desta fórmula a estação informática calculou a biomassa digital.



O protótipo Ferrilene 4,8 mostrou o melhor resultado em termos de biomassa digital. Depois avaliamos o aumento das classes de cor de verde escuro para castanho.

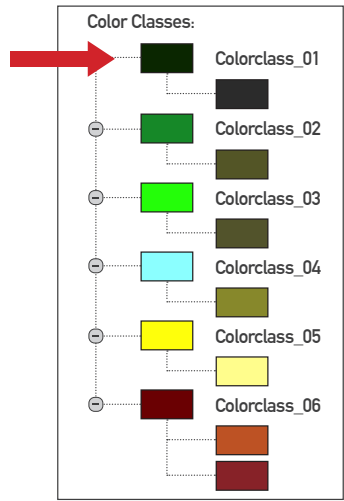


AUMENTO DAS CLASSES DE COR

FERRILENE TRIUM

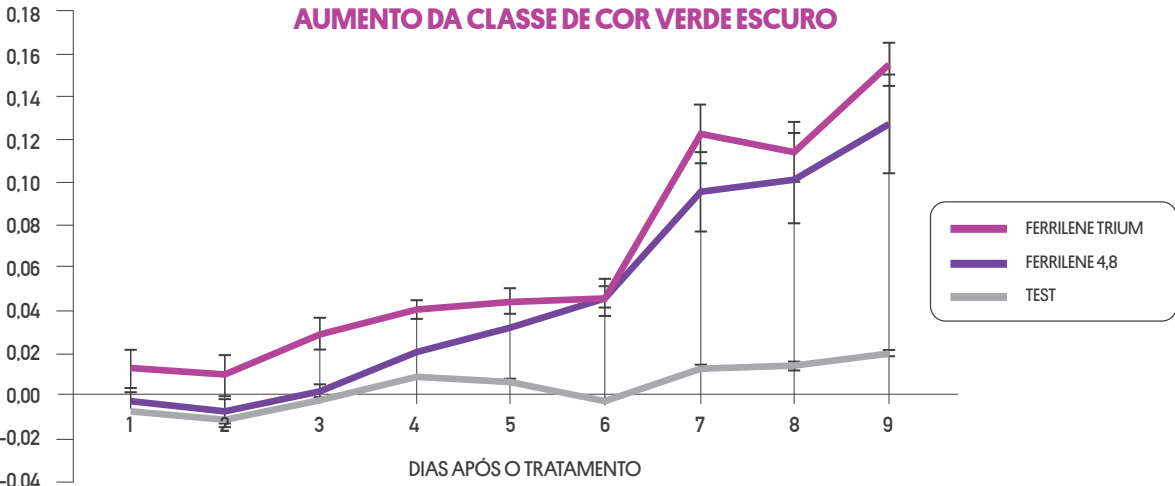
FERRILENE 4,8

TEST

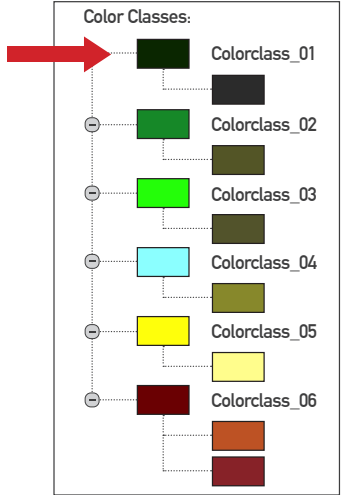


Esta é a situação antes dos treatments... enquanto eram tomados 34 dias após a aplicação. Agora vamos ver os resultados sobre o aumento das cores verde escuro e amarelo que são as classes de cor mais representativas.

AUMENTO DA CLASSE DE COR VERDE ESCURO



Houve o primeiro grupo de quelatos que inclui Ferrilene 4,8 e Ferrilene Trium que mostrou os melhores resultados.

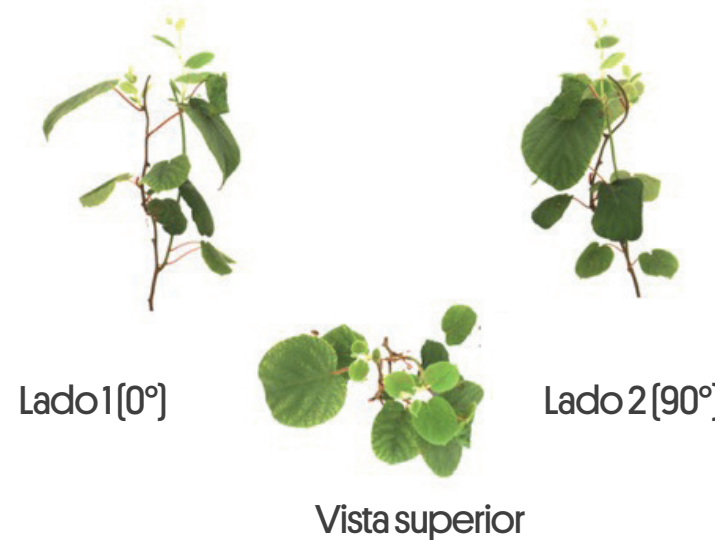
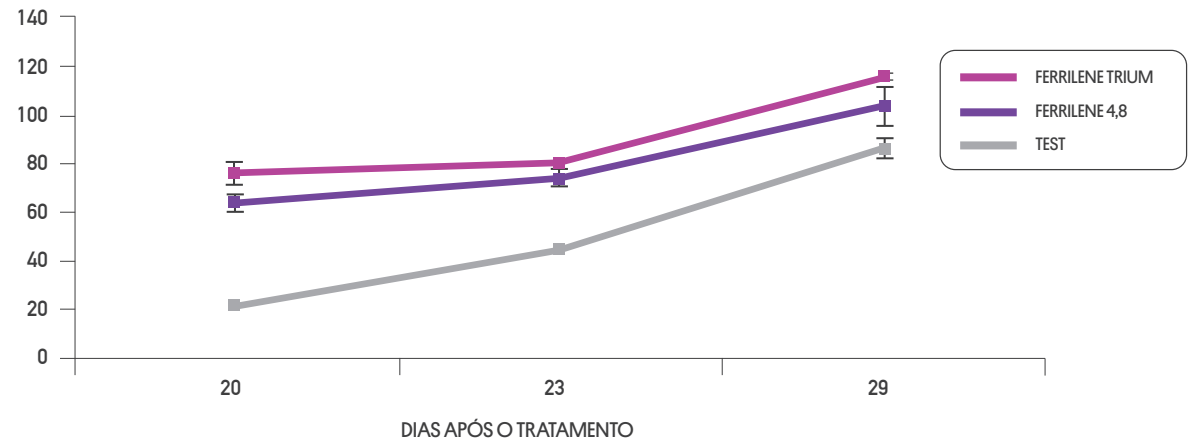


RGB: AVALIAÇÃO DA PERSISTÊNCIA - BIOMASSA DIGITAL

Agora vamos ver a persistência do ferro no solo após a desfoliação das plantas.



Isto é na câmara RGB... onde é possível ver uma diferença clara entre plantas tratadas e testes não tratados que mostraram uma grande quantidade de clorose.



$$\text{Biovolume} = \sum \text{Pixels}_{\text{side}(0^\circ)} + \sum \text{Pixels}_{\text{side}(90^\circ)} + \text{Log} \left(\frac{\sum \text{Pixels}_{\text{top}}}{3} \right)$$



AUMENTO DAS CLASSES DE COR

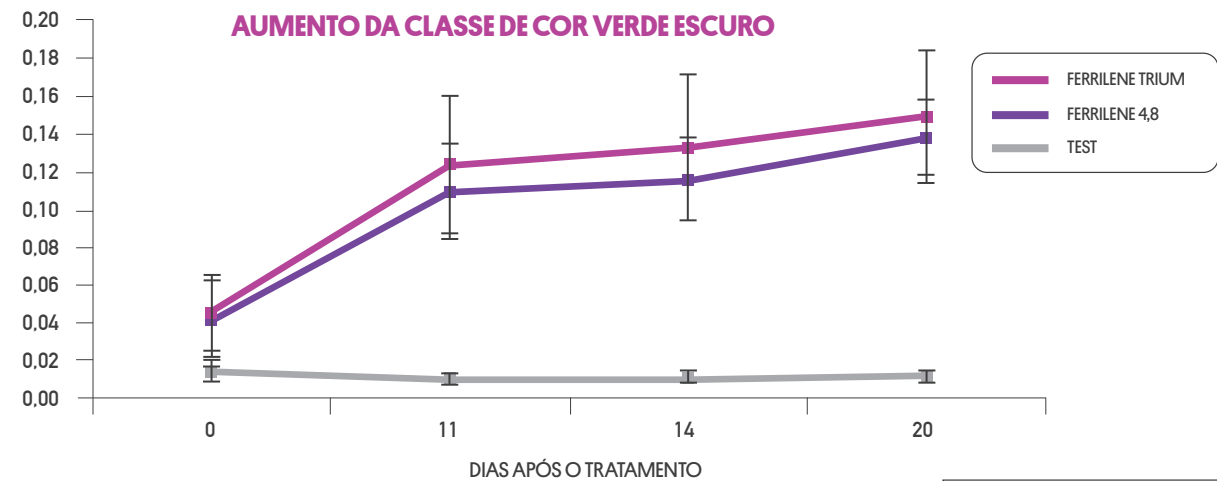
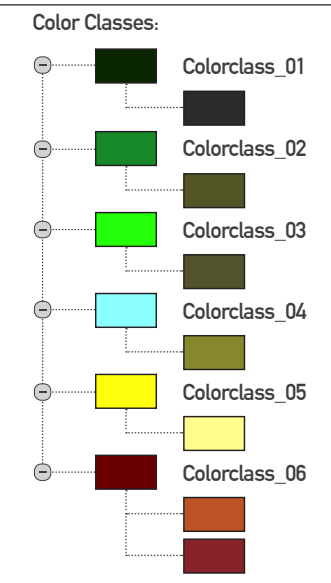
FERRILENE TRIUM



FERRILENE 4,8



TEST



Todos os protótipos têm aumentado a classe verde escuro.



Ensaio
agrônomico



FERRILENE 4,8 Pêssego



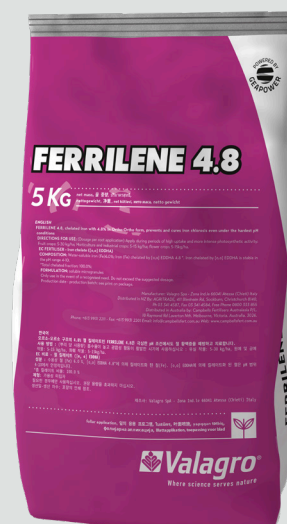
LOCALIZAÇÃO
Catania - Itália



VARIEDADE
Baby gold 7



MÉTODO DE APLICAÇÃO
Fertirrigação localizada



Informação sobre a cultura e descrição do solo

Trial ID:
FERRILENE 12.OPEAC.01ITA_X



Distância entre linhas	4,5 m
Distância nas filas	2,0 m
p/ha	1000



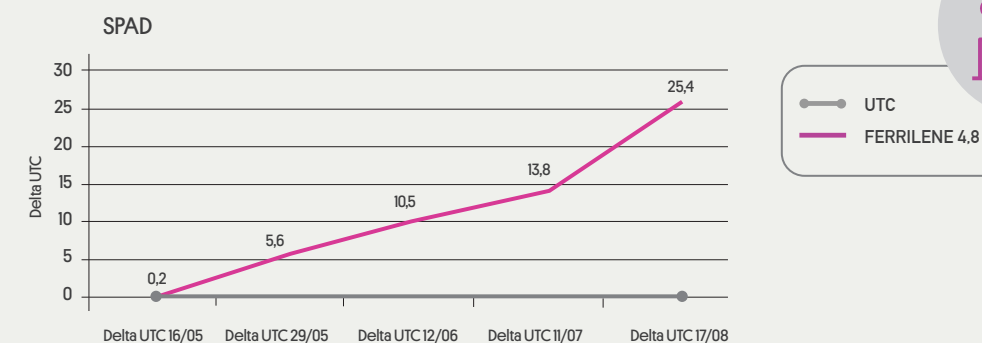
Solos com elevado teor de carbonatos e pH elevado, onde o ferro [Fe] é naturalmente indisponível para a planta, e é necessário ser suplementado no solo com fertilizantes quelatos de ferro.

Protocolo de ensaio

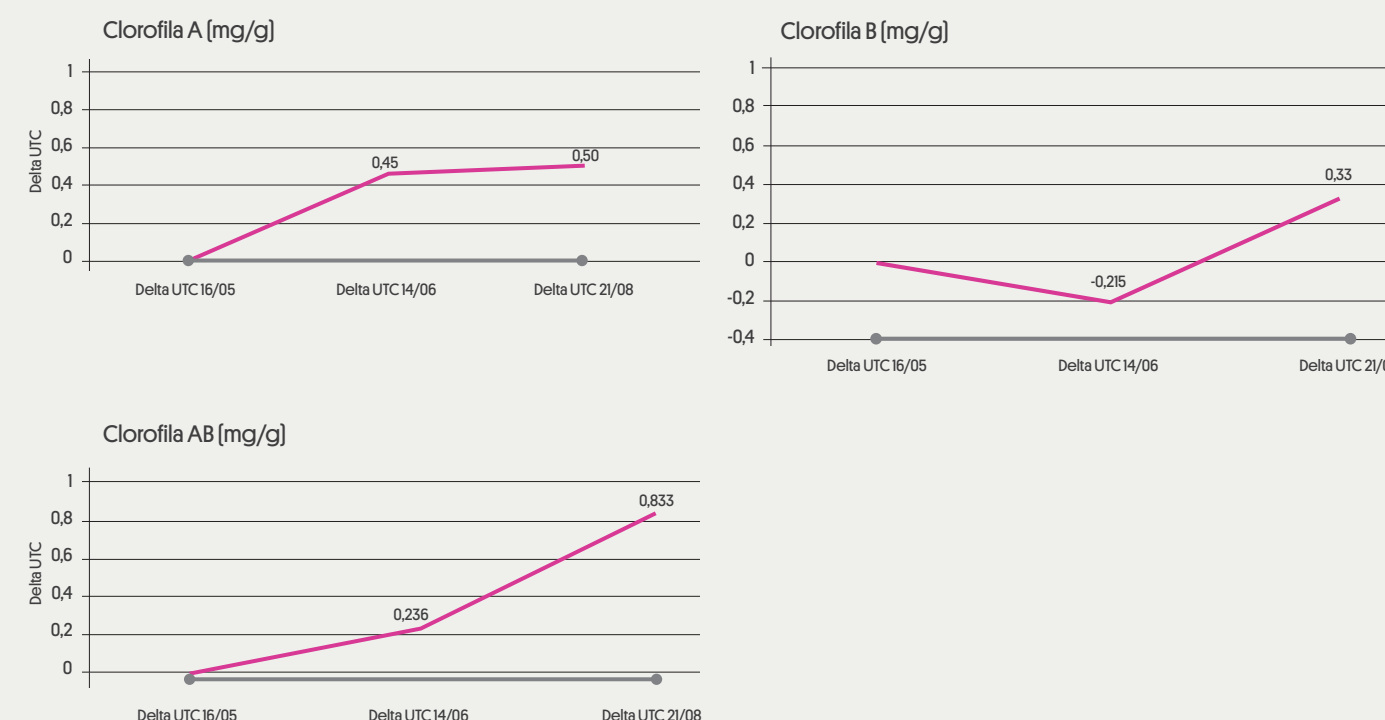
PRODUTO	N. de aplicações	Dosages [kg/ha]	1ª aplicação	2ª aplicação	3ª aplicação
UTC	-	-	-	-	-
FERRILENE 4,8	3	5	16/05 Fruit development	29/05	26/06

As aplicações de fertilizantes de radiodifusão foram feitas a níveis de produção padrão. Foram feitas aplicações de manutenção de herbicidas pré e pós-emergência em toda a área de ensaio, conforme necessário.

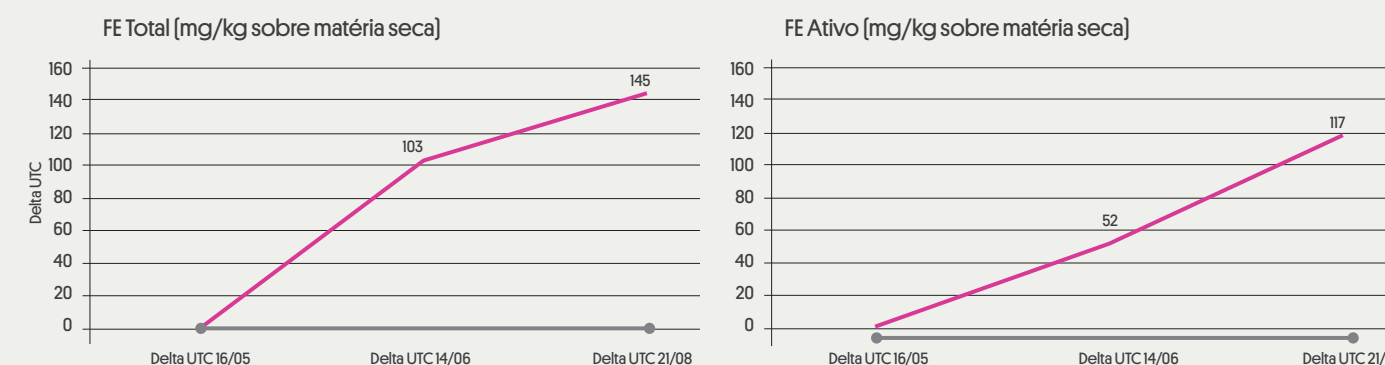
Resultados SPAD vs UTC



Resultados CLOROFILA vs UTC



Resultados FE (mg/kg) vs UTC



FERRILENE TRIUM

Tomate - estufa



LOCALIZAÇÃO

Catania - Itália



VARIEDADE

Icram



MÉTODO DE APLICAÇÃO

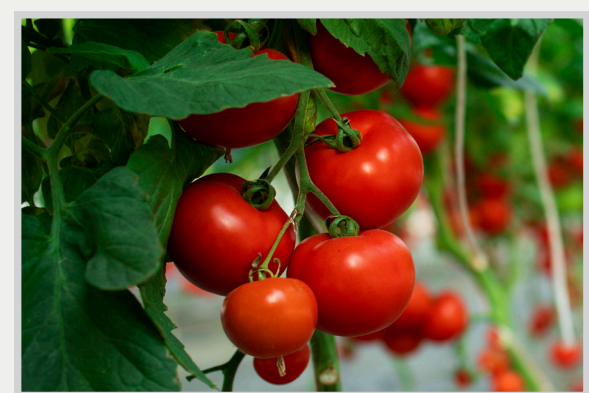
Fertirrigação localizada



Informação sobre a cultura e descrição do solo

Trial ID: FERRILENE12.VTOFR.01ITA_X

Distância entre linhas	1,00 m
Distância nas filas	0,33 m
p/ha	30000

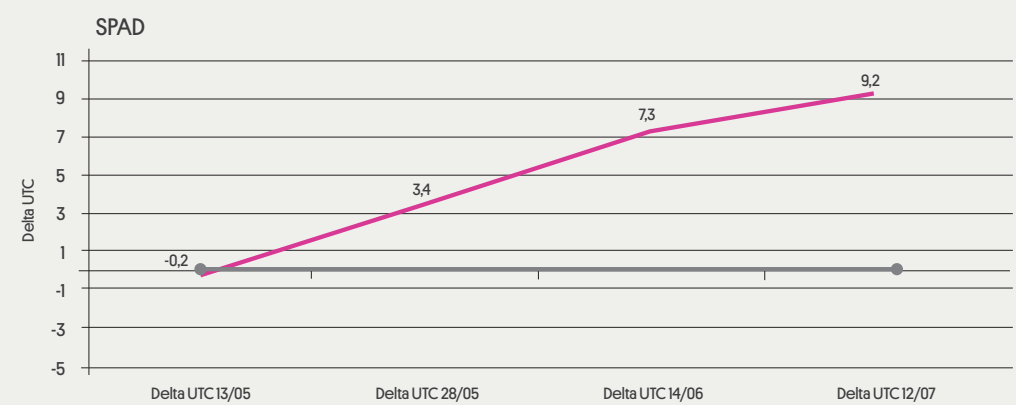


Solos com elevado teor de carbonatos e pH elevado, onde o ferro [Fe] é naturalmente indisponível para a planta, e é necessário ser suplementado no solo com fertilizantes quelatos de ferro.

Protocolo de ensaio

PRODUTO	N. de aplicações	Dosagem (kg/ha)	1ª aplicação	2ª aplicação
UTC	-	-	-	-
FERRILENE TRIUM	2	5	13/05 Floração - 6º Cacho	16/06 Maturação - 1º Cacho

Resultados SPAD vs UTC



UTC

5 FERRILENE TRIUM



FERRILENE

Uva de mesa

LOCALIZAÇÃO
Catania - Itália

VARIEDADE
Italia

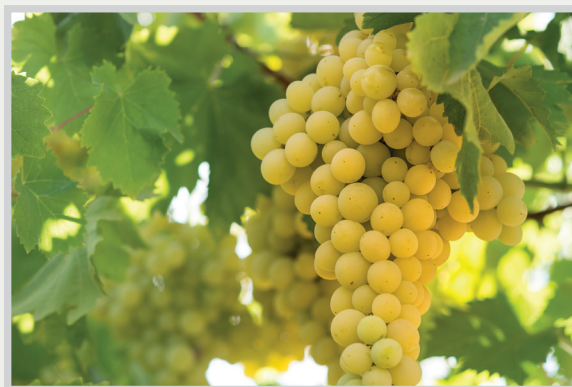
MÉTODO DE APLICAÇÃO
Fertirrigação localizada



Informação sobre a cultura e descrição do solo

Trial ID:
FERRILENE12.OGRTA.01ITA_X

Distância entre linhas	3,00 m
Distância nas filas	3,00 m
p/ha	1000

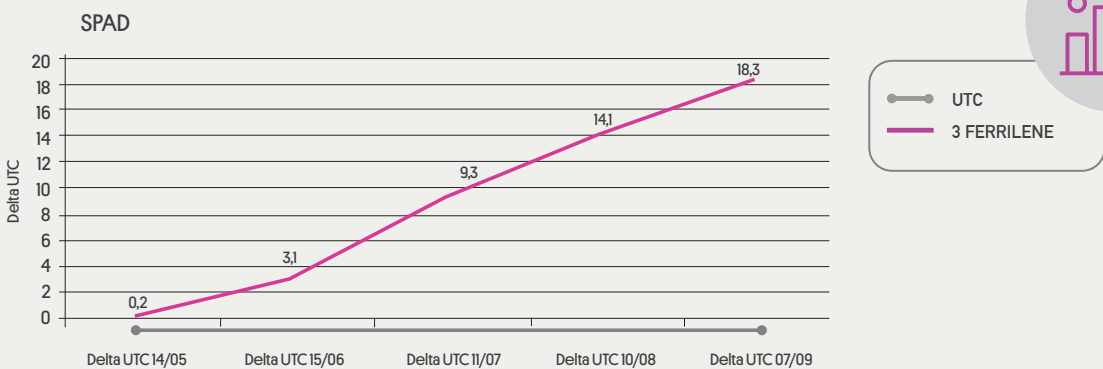


Solos com elevado teor de carbonatos e pH elevado, onde o ferro [Fe] é naturalmente indisponível para a planta, e é necessário ser suplementado no solo com fertilizantes quelatos de ferro.

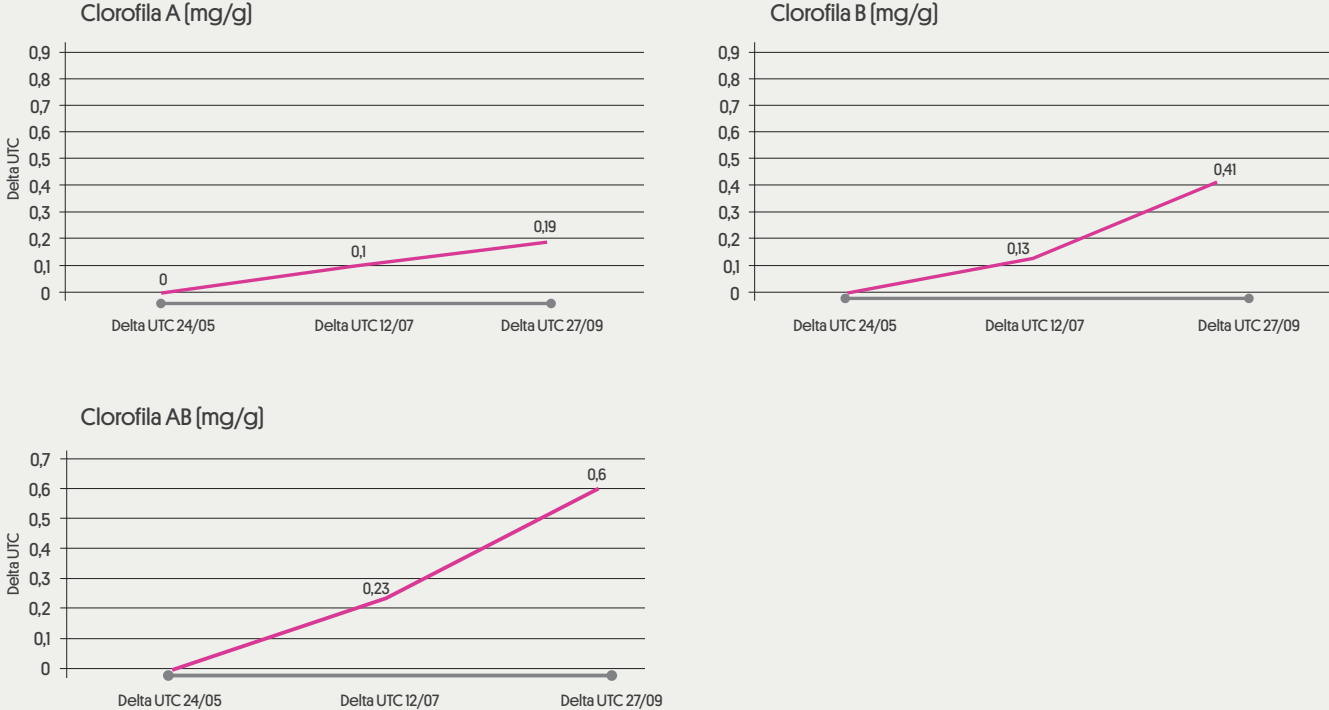
Protocolo de ensaio

PRODUTO	N. de aplicações	Dosagem [kg/ha] 1ª aplicação	Dosages [kg/ha] 2ª aplicação	1ª aplicação	2ª aplicação
UTC	-	-	-	-	-
FERRILENE	2	5	10	24/05 Floração	11/07 Desenvolvimento de fruta

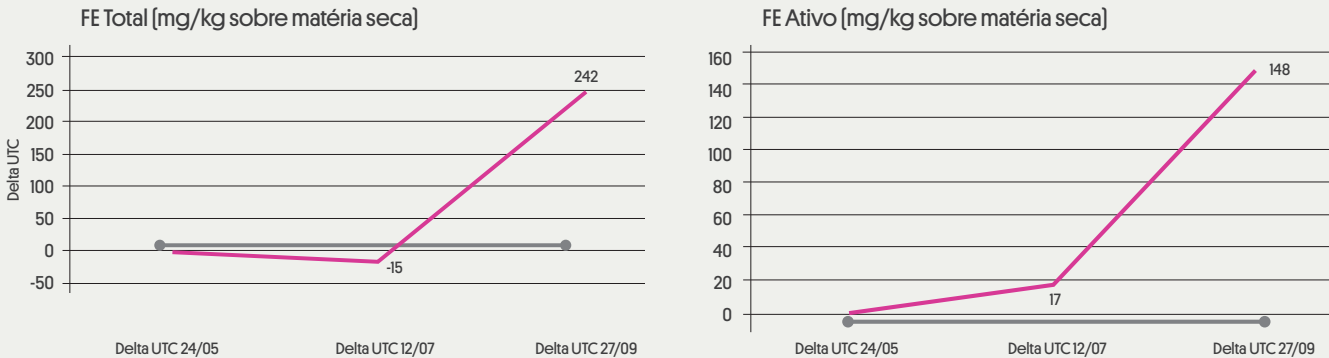
Resultados SPAD vs UTC



Resultados CLOROFILA vs UTC



Resultados FE (mg/kg) vs UTC



FERRILENE 4,8 Pêra



LOCALIZAÇÃO

Ferrara - Itália



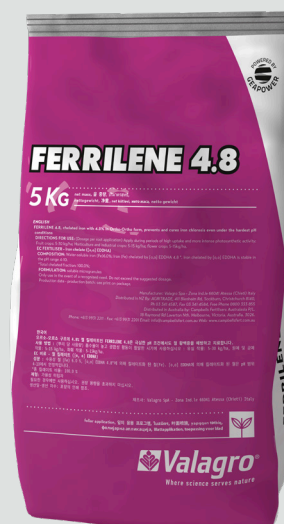
VARIEDADE

Abate Fétel



MÉTODO DE APLICAÇÃO

Fertirrigação localizada



Informação sobre a cultura e descrição do solo

Trial ID:
FERRILENE12.OPEAR.01ITA_X

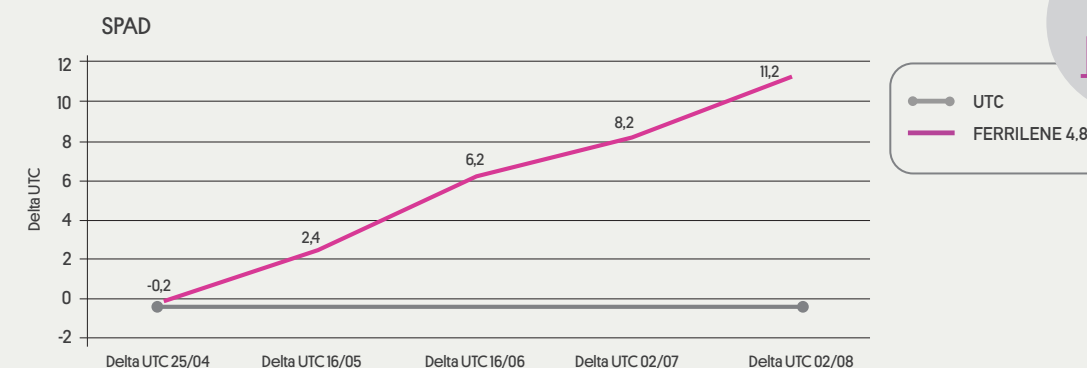


Solos com elevado teor de carbonatos e pH elevado, onde o ferro [Fe] é naturalmente indisponível para a planta, e é necessário ser suplementado no solo com fertilizantes quelatos de ferro.

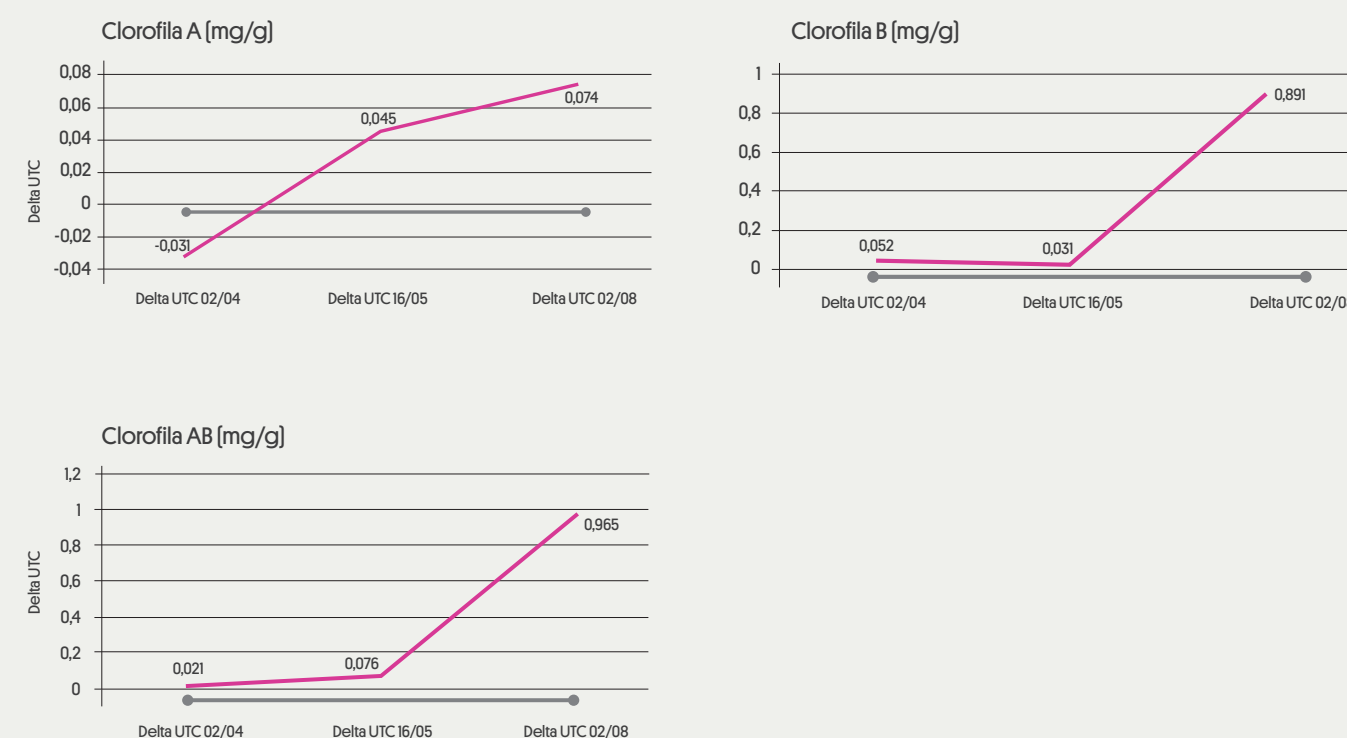
Protocolo de ensaio

PRODUTO	N. de aplicações	Dosagem [kg/ha] 1ª aplicação	1ª aplicação
UTC	-	-	-
FERRILENE 4,8	1	20	25/04 pós floração

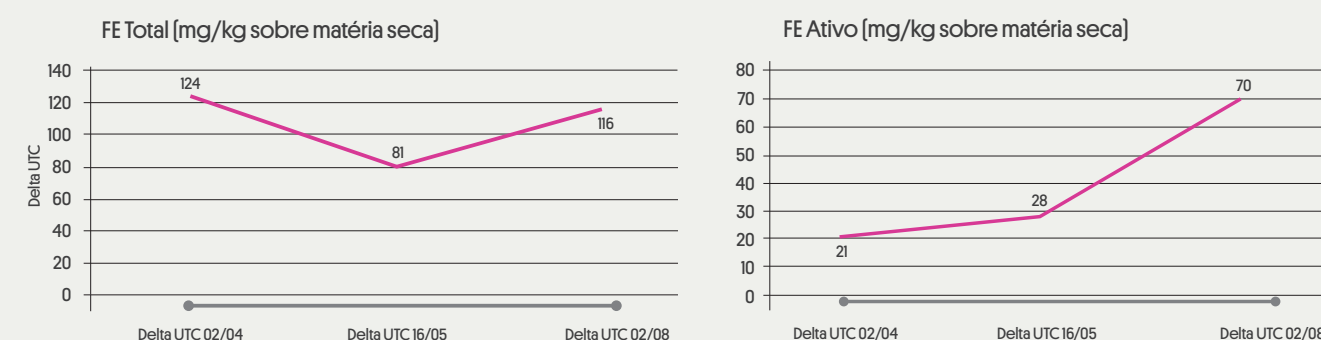
Resultados SPAD vs UTC



Resultados CLOROFILA vs UTC



Resultados FE (mg/kg) vs UTC



FERRILENE TRIUM

Uva de vinho



LOCALIZAÇÃO

San Michele all'Adige - Itália



VARIEDADE

Cabernet franc



MÉTODO DE APLICAÇÃO

Fertirrigação localizada



Informação sobre a cultura e descrição do solo

Trial ID:
FERRILENE12.OGRWI.01ITA_MACH_X

Distância entre linhas	2,2 m
Distância nas filas	0,9 m
p/ha	5050



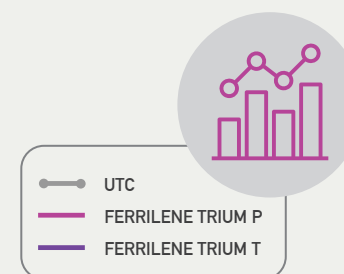
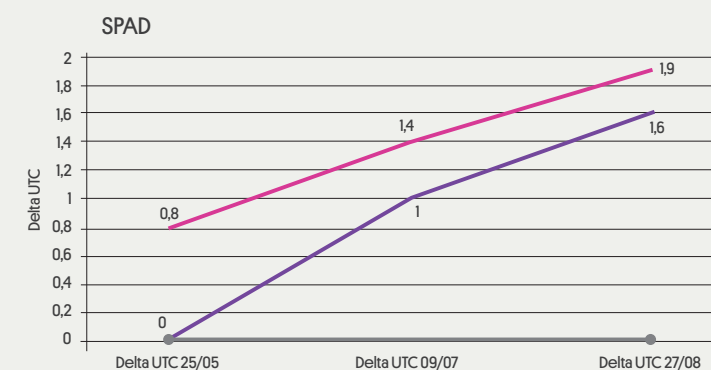
Solos com elevado teor de carbonatos e pH elevado, onde o ferro [Fe] é naturalmente indisponível para a planta, e é necessário ser suplementado no solo com fertilizantes quelatos de ferro.

% Areia	58	P ₂ O ₅ ppm	80
% Silte	34	K ₂ O ppm	75
% Argila	8	MgO ppm	230
pH	7.8	CaCO ₃ %	60
% Substância Orgânica	2.8	CEC meq/100 gr	13

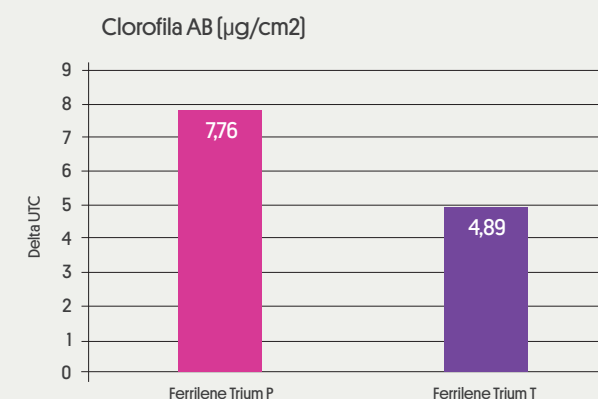
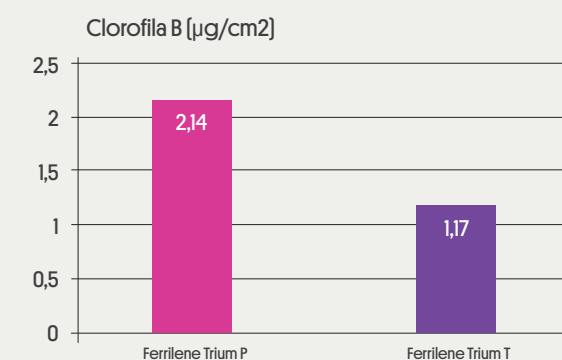
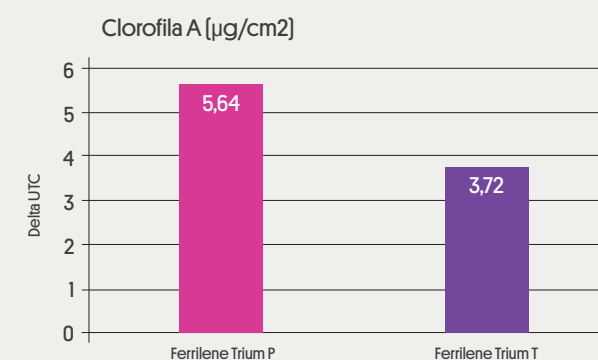
Protocolo de ensaio

PRODUTO	N. de aplicações	Dosagem [kg/ha]	1ª aplicação
UTC	-	-	-
FERRILENE TRIUM P (Tratamento prévio)	1	10	26/04
FERRILENE TRIUM T (Tratamento Tardive)	1	10	07/06

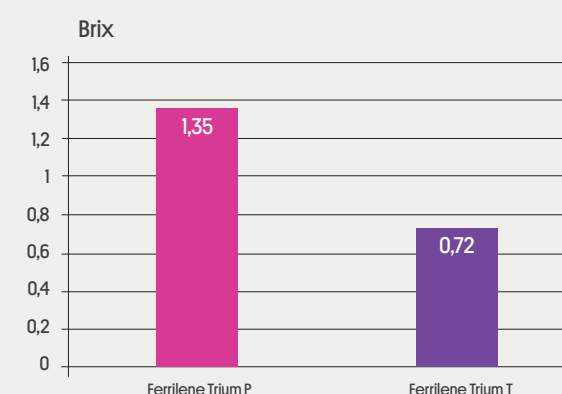
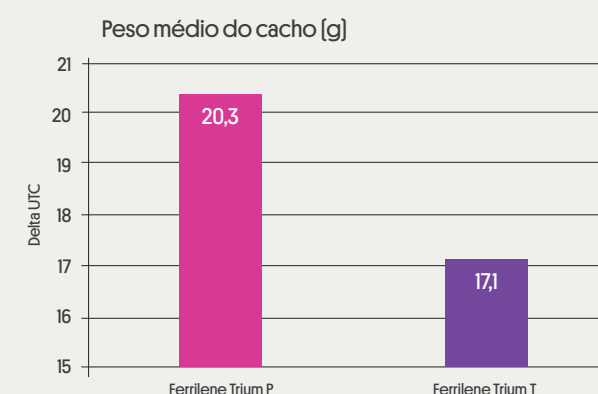
Resultados SPAD vs UTC



Resultados CLOROFILA vs UTC



Resultados





8

Bibliografia

Abadía j. 1998. Absorción y transporte de fe en las plantas. Pp.: Xiii-xxiv. En: actas del vii simposio nacional-iii ibérico sobre nutrición mineral de las plantas. Ed. Universidad autónoma de madrid. Madrid, españa.

Abadía a, sanz m, de las rivas j y abadía j. 1989. Photosynthetic pigments and mineral composition of Fe deficiency pear leaves. J. Plant nutr. 12:827- 838.

Alam, s.; Kamei, s.; Kawai, s. 2001. Effects of iron deficiency on the chemical composition of the xilem sap or barley. Soil sci. Plant nutr. 47 [3]: 643-649.

Álvarez-fernández a. 2000. Calidad y eficacia de quelatos férricos [fe-eddha, fe-eddhma, fe-eddhsa y fe-eddcha] como fertilizantes. Tesis doctoral. Pp.:463. Universidad autónoma de madrid.

Álvarez-fernández a, cremonini m a, sierra m a, placucci g y lucena j j. 2002A. Nature of impurities in fertilizers containing eddhma/ Fe3+,eddhsa/Fe3+ and eddcha/Fe3+ chelates. J. Agri. Food chem. 50[2]:284-290.

Álvarez-fernández a, sierra m a y lucena j j. 2002B. Reactivity of synthetic fe chelates with soils and soil components. Plant soil 241[1]:129-137.

Álvarez-fernández a, abadía a, abadía j y lucena j j. 2003A. Diagnóstico y corrección de la clorosis férrica. En: i congreso iberoamericano de nutrición vegetal- agro latino. Nutri-fitos 2003. Tomo 2. Pp.:158-166.

Alvarez-Fernandez, et al., 2006; Chen and Barak, 1982; Hansen, et al., 2006; Mortvedt, 1991

Awad, f., Römhelt, v., Marschner, h. 1988. Mobilization of ferric iron from a calcareous soil by plant-borne chelators. J. Plant nutr. 11:701.

Becker, r.; Grün, m; scholz, g. 1992. Nicotinamine and the distribution of iron in the apoplasma and symplasm of tomato [lycopersicum esculentum mill] planta. 187: 48-52.

Beinert, h.; Kennedy, m. C. 1989. Engineering of protein bound iron. Sulfur clusters. A tool

for the study of protein and cluster chemistry and mechanism of iron-sulfur enzymes. Eur. J. Biochem. 186: 5-15.

Bienfait h f. 1985. Regulated redox processes at the plasmalemma of plant root cells and their function in iron uptake. J. Bioenerg. Biomembr. 17[2]:73-83.

Bienfait h f. 1988B. Proteins under control of the gene for fe efficiency in tomato. Plant physiol. 88[3]:785-787.

Black, R.E.; Allen, L.H.; Bhutta, Z.A.; Caulfield, L.E.; de Onis, M.; Ezzati, M.; Mathers, C.; Rivera, J. Maternal and child undernutrition: Global and regional exposures and health consequences. Lancet 2008, 371, 243–260

Brown j, c.; jolley v. D. 1988 Strategy i strategy ii mechanism affecting iron availability to plants may to be established too narrow or limited. J. Plant nutr. 11: 1077-1098.

Brüggemann w, maas-kantel k y moog p r. 1993. Iron uptake by leaf mesophyll cells: the role of the plasma membrane-bound ferric-chelate reductase. Planta 190[2]:151-155.

Cambell, w.H. Y redinbaugh, m.G. 1984. Ferric-citrate reductase activity of nitrate reductase and its role in iron assimilation by plants. J. Plant nutr. 7:799-806.

Chaney r l. 1984. Diagnostic practices to identify iron-deficiency in higher plants. J. Plant nutr. 7[1-5]:47-67.

Charlson d v, cianzio s r y shoemaker r c. 2003. Associating ssr markers with soybean resistance to iron deficiency chlorosis. J. Plant nutr. 26[10-11]:2267-2276.

Chen y y barak p. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. Adv. Agron. 35:217-240.

Chen y. 1997. Remedy of iron deficiency - present and future. En: abstracts 9th international symposium on iron nutrition and interactions in plants. Pp.: 111. Hohenheim, stuttgart, germany.

Curie c, panaviene z, loulergue c, dellaporta s l, briat j f y walker e l. 2001. Maize yellow

stripe 1 encodes a membrane protein directly involved in fe[iii] uptake. Nature 409[6818]:346-349.

De la guardia m d y alcántara e. 1996. Ferric chelate reduction by sunflower [helianthus annuus l.] Leaves: influence of light, oxygen, iron-deficiency and leaf age. J. Exp. Bot. 47[298]:669-675.

Droillard, m. J.; Paulin, 1990. Izoenzymes of superoxide dismutase in mitochondria and superoxide isolated from petals of carnation [dianthus caryophyllus] during senescence. Plant physiol 94: 1187-1192.

FAO; IFAD; WFP. The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 International Hunger Targets: Taking Stock of Uneven Progress 2015. Available online: <http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf> [accessed on 10 August 2020].

Fox, t.C. Y guerinot, m.L. 1998. Molecular biology of cation transport in plants. Annu. Rev. Plant physiol. Plant mol. Biol. 49:669-696.

Fox, t.C.; Shaff, j.E.; Grusak, m.A.; Norvell, w.A.; Chen, y.; Chaney, r.L. Y kochian, i.V. 1996. Direct measurement of 59fe-labeled fe2+ influx in roots of pea using a chelator buffer system to Control free fe2+ in solution. Plant physiol. 111:93-100.

Gonzalez-vallejo, e.B.; Susin, s.; Abadía, a; abadía, j. 1998. Changes in sugar beet leaf plasma membrane fe[iii]-chelate reductase activities mediated by deficiency, assay buffer composition, anaerobiosis and the presence of flavins. Protoplasma. 205; 163-168.

Guerinot m l y yi y. 1994. Iron: nutritious, noxious and not readily available. Plant physiol. 104[3]:815-820.

Guggenheim, K.Y. Chlorosis: The Rise and Disappearance of a Nutritional Disease. J. Nutr. 1995, 125, 1822–1825.].

Hansen n c, jolley v d, berg w a, hedges m e y krenzer e g. 1996. Phytosiderophore release related to susceptibility of wheat to iron deficiency. Crop sci. 36[6]:1473-1476.

Hell r y stephan u w. 2003. Iron uptake,

trafficking and homeostasis in plants. *Planta* 216(4):541-551.

Herbik a, giritch a, horstmann c, becker r, balzer h j, bäumlein h y stephan u w. 1996. Iron and copper nutrition-dependent changes in protein expression in a tomato wild type and the nicotianamine-free mutant chloronerva. *Plant physiol.* 111(2):533-540.

Holden m j, luster d g, chaney r l, buckhout t j y robinson c. 1991. Fe³⁺ - chelate reductase activity of plasma membrane isolated from tomato [*lycopersicon esculentum* mill.] Roots- comparison of enzymes from fedeficient and fe-sufficient roots. *Plant physiol.* 97(2):537-544.

Hopkins, b. G.; Jolley, v. D.; Brown, j. C. 1992. Plant utilization of iron solubilized by oat phytosiderofore. *J. Plant nutr.* 15:1599-1612.

Hsu, w.; Miller, g. W.; 1968. Iron in relation to acotinase hydratase activity in glycine max. *Merr. Biochim. Biophys. Acta* 15: 711-713.

Hughes, d.F., V.D. Jolley and j.C. Brown. 1992. Roles for potassium in the iron-stress response mechanisms of strategy i and strategy ii plants. *J. Plant nutr.* 15: 1821-1839.

Jolley, v.D.; Brown, j.C.; Blaylock, m.; Camp, s. 1988. A role for potassium in the use of iron in plants. *J. Plant nutr.* 11: 1159-1175.

Jones d I. 1998. Organic acids in the rhizosphere-a critical review. *Plant soil* 205(1):25-44.

Kawal s y alam s. 2005. Iron stress response and composition of xylem sap of strategy ii plants. Pp.: 289-309. En: iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms: iron in plants and microbes. Barton, I. L. And abadía, j. Eds.; Kluwer academic publishers: dordrecht, the netherlands.

Kawai, s.; Kamei, s.; Matsuda, y.; Ando, r.; Kond, s.; Ashizawa, a.; Alam, s. 2001. Concentrations of iron and phytosiderophores in xylem sap of iron-deficient barley plants. *Soil sci. Plant nutr.* 47 (2): 265-272.

Kawai s, takagi s i y sato y. 1988. Mugineic

acid-family phytosiderophores in rootsecretions of barley, corn and shorgum varieties. *J. Plant nutr.* 11(6-11):633-642.

Klem-Marciniak, E.; Huculak-Ma czka, M.; Marecka, K.; Hoffmann, K.; Hoffmann, J. Chemical Stability of the Fertilizer Chelates Fe-EDDHA and Fe-EDDHA over Time. *Molecules* 2021, 26, 1933. <https://doi.org/10.3390/molecules26071933>.

Kobayashi, t.; suzuki, m.; Inoue, h.; Itai, r. N.; Takahashi, m.; Nakanishi, h.; Mori, s.; Nishizawa, n. K. 2005. Expression of iron-acquisition-related genes in iron-deficient rice is co-ordinately induced by partially conserved iron-deficiency-resposive elements, *j. Exp. Bot.* 56: 1305-1316.

Kobayashi,t.; Nishizawa, n. K.; Mori, s. 2006. Molecular analysis of iron-deficient graminaceous plants. In iron nutrition in plants and rhizospheric microorganism. [L. L. Barton; j. Abadia (eds)]. Springer. Isbn-101-4020-4742-8 [hb]. Netherlands. 395-435.

Laulhere j p.; Briat j f. 1993. Iron release and uptake by plant ferritin : effects on ph, reduction and chelation. *Biochem. J.* 290: 693-699.

Lindsay, w.L. 1979. Chemical equilibria in soils. Ed. John and sons n.Y. Isbn 0-471-02704-9.

Lindsay, w.L. 1991. Iron oxide solubilization by organic matter and its effect on iron availability. *Plant soil* 130:27-34.

Lindsay w l y schwab a p. 1982. The chemistry of iron in soils and its availability to plants. *J. Plant nutr.* 5(4-7):821-840.

Lobreaux, s. Briat, j. F. 1991. Ferritin accumulation and degradation in diferents organs of pea [*pisum sativum*] during development. *Biochem. J.* 274: 601-606.

López millan, a, f.; morales, f.; Abadía, a.; Abadía a.; Abadía, j. 2000^a. Effects of iron deficiency on the composition of the leaf apoplastic fluid and xylem sap in sugar beet. Implications for iron and carbon transport. *Plant physiol.* 124: 873-884.

López-millán a f. 2000. Adquisición y

transporte de hierro en plantas. Tesis doctoral. Pp.: 236. Estación experimental de aula dei. Csic. Zaragoza, españa.

Lucena j j. 2000A. Effects of bicarbonate, nitrate and other environmental factors on iron chlorosis. A review. *J. Plant nutr.* 23(11-12):1591-1606.

Lucena j j. 2003. Fe chelates for remediation of fe chlorosis in strategy i plants. *J. Plant nutr.* 26(10-11):1969-1984.

Lucena j j. 2005. Iron fertilizers in correcting iron deficiencias in plants. Pp.: 105-130. En: iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms: iron in plants and microbes. Barton, I. L. And abadía, j. Eds.; Kluwer academic publishers: dordrecht, the netherlands.

Marschner, h., Röemheld, v., Kissel, m. 1986. Diferent strategies in higher plants in movilization and uptake of iron. *J. Plant nutrition* 9 695-713.

Marschner, h. 1995. Mineral nutrition in higher plants. Academic press. Isbn 012-473542-8.

Mengel, k.; Bübl, w. 1983. Verteilung von eisen in blättern von weinreben mit hco³⁻-induzierter chorose. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk*, 145: 261-267.

Mengel, k. Kirkby, a.E. 2001. Principles of plant nutrition. Kluwer academic publishers. Isbn 0-7923-7150-k [hb. Isbn 1-4020-008-1[pb].

Mengel, k. Malissiovas, n. 1982. Light dependent proton excretion by roots of entire vine plants [*vitis vinifera* l.] *Z. Pflanzenernähr. Bodenk*, 145: 261-267.

Miller, r. W.; Pushnik, j. C.; Welkie, g. W. 1984. Iron chlorosis, a world wide problem, the relation of chlorophyll biosynthesis to iron. *J. Plant nutr.* 7: 1-22.

Mori, s.; Nishizawa, n.; Hagashi, h.; Chimo, m.; Yoshimura, e.; Ishihara, j. 1991. Why are young rice plants highly susceptible to iron deficiency?. *Plant soil.* 130: 143-156.

Moog p r y brüggemann w. 1994. Iron reductase systems on the plant

plasmamembrane- a review. *Plant soil* 165(2):241-260.

Murad, e.; Fisher, w r. 1988. The geobiochemical cycle of iron. In iron in soils and clay minerals. [J. W. Stucki, et al. Eds]. D. Reidel publishing ccompany: 1-18 pp.
Nagarathana, k. C.; Shetty, a.; Bhar, s. G.; Shetty h. S. 1992. The possible involment og lipoxygenase in downy mildew resistance in peral miller. *J. Exp. Bot.* 43: 1283-1287.

Nikolic, m. 1998. The role of the redox systems in uptake and traslocation og iron by higher plants. *Lugoslav. Physiol pharmacol. Acta* 34 (2): 479-489.
Nishizawa, n., Mori, s. 1987. The particular vesicle appearing in the barley root cells and its relation to muginei acid secretion. *J. Plant nutr.* 10: 1013.1020.

Pestana m, vareennes a y aráujo faria e. 2003. Diagnosis and correction of iron chlorosis in fruit trees: a review. *Food, agriculture & enviroment* 1(1):46-51.

Pich a, hillmer s, manteuffel r, scholz g. 1997. First immunohistochemical localization of the endogenous Fe²⁺ -chelator nicotianamine. *J. Exp. Bot.* 48(308):759-767.

Rabotti, g. Y zocchi, g. 1994. Plasma membrane-bound h⁺ -atpase and reductase activities in fe-deficient cucumber roots. *Physiol. Plant.* 90:779-785.

Rombolà, a. D.; Brüggeman,; López-millán, a. F.; Tagliavini, m.; Marangoni, b.; Moog, p. R. 2000. Iron source affects iron reduction and re-greening of kiwifruit [actinicia deliciosa] leale. *J. Of plant nutrition*, 23: 1751-1765.

Rombolà, a. D.; Brüggemann, w.; López-,millan, a. F.; Tagliavini, m.; Abadía, j.; Marangoni, b.; Moog, p. R. 2002. Biochemical responses to iron deficiency in kiwifruit [actinidia deliciosa]. *Tree physiology.* 22: 869-875.

Römheld, v. 1987. Existence of two difference strategies for the acquisition of iron in higher plants. Pp 353-374. In iron transport in microbes, plant and animals. G. Winkelmann, d. Van der helm, j. B. Neiland. Vch-verlag. Weinheim.

Römheld v y marschner h. 1986. Mobilization of iron in the rhizosphere of different plant species. Pp.: 155-204. En: advance in plant nutrition. Vol.2. Tinker b. Y laüchli a. Eds; praeeger scientific, new york.

Römheld, v., Marschner, h. 1990. Genotypical differences among graminaceous species in release of phytosiderophores and uptake of iron phytosiderophores. *Plant soil.* 123:147-153.

Römheld, v. Y marschner, h. 1991. Functions of micronutrients in plants. En: micronutrients in agriculture, 2º ed. J.J. Mordvedt, f. R. Cox, I. M. Shuman and r. M. Welch, [eds.]. Sssa book series, nº4, Madison, wi. Usa. Pp:297-328.

Rout and Sahoo, Reviews in Agricultural Science, 3:1-24, 2015. doi: 10.7831/ras.3.1

Sánchez-andreu j, jordá j y juarez m. 1991. Reactions of feedta and feeddha applied to calcareous soils. Pp.: 57-62. En: iron nutrition and interactions in plants. Chen, y. And hadar, y.; Kluwer academic publishers: dordrecht, the netherlands.

Schlee, d.; Reinbothe, d.; fritsche, w. 1968. Der einfluss von eisen auf den purinstoffwechsel und die rivo flavinbildung von canadida guilliermondii [cast]. *Lang et g. Allg. Mikrobiol* 8: 127-138.

Schwertmann, u.; 1991. Solubility and dissolution of iron oxides. In iron nutrition and interactions inplants. [Y. Chen; y. Hadar]. Kluwer academic publishers isbn 0-7923-1095-0: 3-27.

Schwertmann, u.; Taylor, r. M. 1989. Iron oxides. In mineral in soil environments 2nd edition] [j. B. Dixon; s. B. Weed eds]. Soil science society of america. 677 South segoe road madison. Wi 53711. Usa. Ssa book series. No.1: 379-438.

Shi y, byrne d h, reed d w m y loeppert r h. 1993. Iron chlorosis development and growth response of peach rootstocks to bicarbonate. *J. Plant nutr.* 16(6):1039-1046.

Siebner-freibach h, hadar y y chen y. 2004. Interaction of iron chelates with clay minerals. *Soil sci. Soc. Am. J.* 68(2):470-480.

Smith, b. N. 1984. Iron in higher plants: storage and metabolic rate. *J. Plant nutr.* 7: 729-766.

Susin, s.; Abadia, a.; Gonzales-reyes, j. A.; Lucena, j. J.; Abadia, j. 1996. The ph requiriment for in vivo activity of the iron-deficiencyinduced “turbo” ferric chelate reductase. A comparison of the iron-dificiency-induced iron reductase activities of intact plants and isolated plasma membrane fractions in sugar beet. *Plant physiology.* 110: 111-123.

Somers, i. l., Gilbert, s. G., And shive, j. W. 1942. The iron-manganese ratio in relation to the respiratory CO₂ and the deficiency toxicity symptoms in soybeans. *Plant physiol.* 17: 317-320.

Stephan w y scholz g. 1993. Nicotinamine: mediator of transport of iron and heavy metals in the phloem?. *Physiol. Plant.* 88:522-529.

Stephan, u. W.; 2002. Intra- andintercellular iron trafficking and subcellular compartmentation withn roots. *Plant and soil* 241: 522-529.

Takagi s, nomoto k y takemoto t. 1984. Physiological aspect of mugineic acid, a possible phytosiderophore of graminaceous plants. *J. Plant nutr.* 7(1-5):469-477.

Takagi, s. 1976. Naturally occurring iron-chelating compounds in oat- and rice-root washings. Activity measurement and preliminary characterization. *Soil sci. Plant nutr.* 22:423-433.

Terry n y abadía j. 1986. Function of iron in chloroplasts. *J. Plant nutr.* 9(3-7):609-646.

Theil, e. C. 1987. Ferritin: structure, gene regulation, and cellular function in animals, plants and microorganisms. *Annu. Rev. Biochem.* 56: 289-315.

Tiffin, l. O. 1970. Translocation of iron citrate and phosphorus in xylem exudates of soybean. *Plant physiol.* 45:280-283.

Toulon v, sentenac h, thibaud j b, davidian j c, moulineau c y grignon c. 1992. Role of



apoplast acidification by the H^+ pump. Effect on the sensitivity to pH and CO_2 of iron reduction by roots of *Brassica napus* L. *Planta* 186(2):212-218.

Urennc. 1984. Forms, reactions and availability of iron in soils. *J. Plant nutr.* 7[1-5]:165-176.

Usda-nrcs second edition, 1999. Soil taxonomy a basic system of soil classification for making and interpreting soil sur-veys del departamento de agricultura de los estados unidos.

ValagroBook2020- Creating the future. Since 1980 – for 40th anniversary - https://www.valagro.com/en/valagro40years/?edit_off

Warden, b. T.; H. M reisenau., 1991. Reisenauera manganese-iron interactions in the plant-soil system. Department of land, air, and water resources, university of california, davis, ca, usa. *Journal of plant nutrition*, 14:7-30

Welkie, g.W. Y miller, g.W. 1989. Sugar beet responses to iron nutrition and stress. J. Plant nutr. 12:1041-1054.

Welkie, g.W. Y miller, g.W. 1993. Plant iron uptake physiology by nonsiderophore system. En: iron chelation in plants and soil microorganisms. L.L. Barton and b.C. Hemming, [eds].Academic press, san diego, ca [ee.Uu.]. Pp:345-369.

Young, t.f. Y terry, n. 1982. Transport of iron into leaves following iron resupply to iron-stressed sugar beet plants. *J. Plant nutr.* 5:1273-1283.

Yunta f. 2003. Caracterización y modelización teórica de nuevos agentes quelantes análogos al eddha para su uso como fertilizantes. Tesis doctoral. Universidad autónoma de madrid. Madrid, españa.

Zaharieva, t. Y römheld, v. 2000. Specific fe²⁺ uptake system in strategy i plant inducible under fe deficiency j. *Plant nutr.* 23(11&12):1733-1744.

Zocchi, g. Y cocucci, s. 1990. Fe uptake mechanism in fe efficient cucumber roots. Plant physiol. 92:908-911.

ANOTAÇÕES





Follow us on



Valagro Iberia S.L. está situada em Ctra. de Murgis 25,
04710 Santa María del Águila
[Almería] - Espanha
Tlf.: +34 950 58 32 60 / Fax: +34 950 58 31 11
www.valagro.com



Faça parte da comunidade digital da Valagro.
Explore a nova aplicação e-Hub.
Junte-se a nós, aqui!

Win the Global challenge together.