

Topraktaki Demir Elementinin Bulunma ve Alınma Şekilleri Bitkilerdeki Fonksiyonu, Fitosideroforlar

Demir (Fe)

Genel olarak toprakta demir fazla miktarda bulunur.

Normal koşullarda toprakların demir içerikleri %2-6 arasında değişmektedir.

Kil minerallerinin bir bۆlümünde de yer alan demir, birçok toprakta oksit, hidroksit, karbonat ve fosfat formunda bulunur.

Bitkiler, besin elementi olarak demiri kۆkleri aracılığıyla topraktan alabildiği gibi, demir içeren çözeltilerin spreyc olarak yapraklara pۆskürtölmesi durumunda yaprak aracılığıyla da alabilmektedir.

Demir (Fe)

Demir, bitkilerce Fe^{+3} formunda alınmasına karşın, bitkiler için demirin yararlı formu iki değerlikli demir (Fe^{+2})'dir.

Fe^{+3} olarak bitkilerce topraktan alınan demir, bitki bünyesinde metabolik olaylarla Fe^{+2} formuna dönüştürülmektedir.

Demir elementinin fazlalığı durumunda bakır, çinko, magnezyum ve mangan absorpsiyonu azalabilmektedir.

Bitkilerin Demir Alımı

Bitkilerin Demir Alımı

Yaşlı yapraklardan genç yapraklara demirin aktarılamaması nedeniyle bitki, büyüme organlarının demir gereksinimini sürekli demir alarak karşılayabilmektedir.

Kök etki alanında demir Fe^{2+} , Fe^{3+} ve organik bağlı yada kilyetler şeklinde bulunur.

Bitki metabolizmasında Fe^{2+} kullanılır.

Bitkilerin demir alımı üzerine çeşitli etmenler etki yapar (bitkisel, çevresel ve toprak etmenleri).

Bitkilerin Demir Alımı

Bitkilerde demir alımı ile ilgili başlıca iki mekanizma vardır;

1.Buna Strateji-I adı verilir.

Ayçiçeği ve yer fıstığı gibi buğdaygiller dışındaki bitkiler bu stratejiyi kullanırlar.

Bu stratejiyi kullanan bitkilerin köklerinde fazla sayıda kök emici tüyü vardır ve bu bitkiler köklerinden fenolik bileşikler ve organik asitler salarak demiri indirgerler.

Bu tip bitkilere iron-efficient yani demiri etkili şekilde kullanan bitkiler adı verilmektedir.

Bitkilerin Demir Alımı

2. Buna Strateji-II adı verilir.

Bu tip bitkiler ise köklerinden “fitosiderofor” adı verilen özel nitelikte proteinler salgılayarak demiri indirgerler.

Bu stratejiyi Poaceae (Gramineae; buğdaygiller) üyeleri kullanır.

Başlıca fitosideroforlar, avenik asit ve mugineik asittir.

Çinko gibi elementlerin de fitosideroforlar vasıtası ile alındığı yolunda deliller vardır.

Ancak fitosideroforlar, başlıca demir alımında görev yaparlar.

Bitkilerin Demir İçerikleri

Bitkilerin Demir İçerikleri

Bitkilerin demir içerikleri üzerine çeşitli faktörler etki yapar.

Bunlar;

- Bitkinin türü,
- Örneğin alındığı zaman,
- Bitkinin yaşı,
- Toprak tepkimesi,
- Toprağın kireç içeriği,
- Topraktaki ağır metallerin cinsi,
- Toprağın fosfor içeriğidir.

Bitkilerin Demir İçerikleri

Bitki yapraklarında Fe miktarı kuru madde ilkesine göre 10-1000 mg/kg arasında değişir.

Yeterli Fe miktarı ise genelde 50-250 mg/kg dir.

Fe miktarı 50 mg/kg' ın altına düştüğü zaman noksanlık belirtileri görülür.

Biyolojik Aktivitelere Demir

Demir başlıca katalaz ve peroksidaz gibi enzimlerin aktif hale geçmesi için gereklidir.

Bunun yanında kloroplastlarda fotosentezin aydınlık devresinde görev yapan ferrodoksin demire ihtiyaç duyar.

Klorofil ve diğer pigmentlerin sentezi için demir gereklidir.

Nodül oluşumunda ve protein sentezinde de etkilidir.

Aşağıdaki koşullarda demir eksikliği görülür;

1.Aşırı nem içeren topraklarda yüksek CO₂ ve HCO₃ konsantrasyonuna bağlı olarak

2.Çok asidik mineral toprakların varlığında

3.Çok kireçli topraklarda demir eksikliği yüzünden yapraklarda sararma olur buna lime-induced chlorosis (kirecin uyardığı sararma) denir.

4.Çok düşük organik madde miktarına sahip olan topraklarda

Aşağıdaki koşullarda demir eksikliği görülür;

5. Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Mo ve Zn'nin antagonistik etkileri nedeniyle

6. Yüksek azot ve fosforlu gübreler ile gübrelenmiş topraklarda

7. Potasyum konsantrasyonu düşük olan topraklarda

8. Kış mevsiminde az ışık ve soğuğa bağlı olarak

Demir fazlalığında ise yapraklarda kahverengileşme (bronzing) olayı görülür.

Bitkilerin Demir Kaynakları

Bitkilerin Demir Kaynakları

Toprak; Diğer elementlere göre demir daha fazla bulunur.

Genel olarak toprakta demir miktarı % 0.02 ile % 10 arasında değişir.

Ortalama miktar %3.8 dir.

Gübreler: Bitkilerde demir noksanlığının giderilmesi için çoğunlukla kullanılan demir kaynakları;

Ferro sülfat (190 g/kg),

Ferro oksit (690 g/kg),

Demir kilyetler (50-140 g/kg) dir.

SIDEROPHORE

Spesifik taşıyıcı element olarak tanımlanır.

Çoğu ;

- aerobik
- fakültatif aneorobik mikrobiyal türlerde yaygındır.

Fe alımında etkilidir.

PHYTOSİDEROPHORE

Bitkilerde; sideroforlar “fitosiderofor” olarak tanımlanır.

Yüksek yapılı bitkilerde bulunur.

Fe ve bazı elementlerin alımında etkilidir.

Siderofor ile benzer kimyasal yapı gösterir.

Fe elementi

Toprakta humus+Fe kompleksi primer ve sekonder mineraller içinde bulunur.

Primer mineraller; biotit, piroksin, ilmenit, pirit

Sekonder mineraller; geotit, hematit, ferrihidrit, lepidokrokite

Piroksin



İlmenit



Pirit



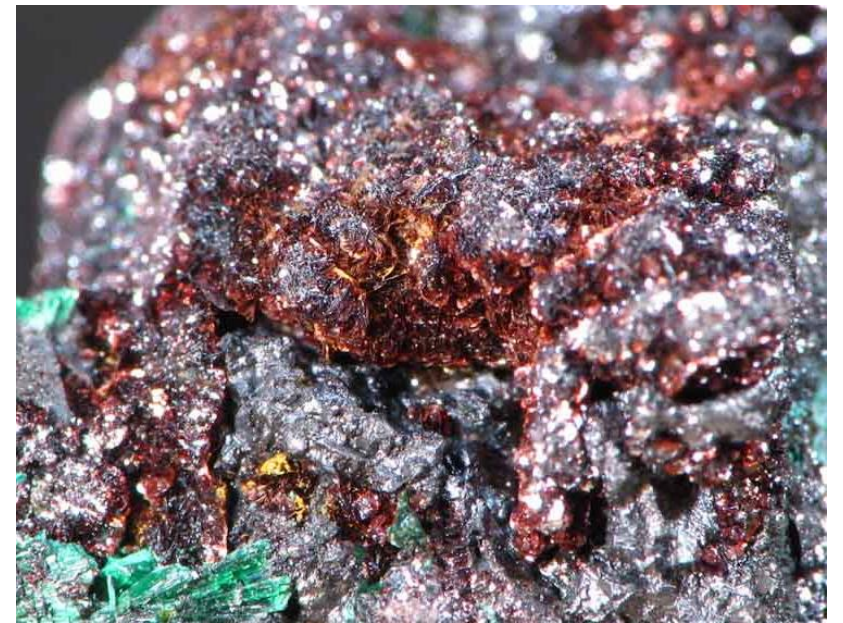
Geotit



Hematit



Lepidekrokrit



Fe elementi

Sekonder mineraller; çevre koşulları ve mikrobiyal aktivitenin etkisi altında kalan primer Fe içeren maddelerin aşınmış durumudur.

Aşınma süresi bitkiler için çok yavaş olduğu için Fe kaynağı olarak primer mineraller kullanılır.

Fe içeren sekonder mineraller, toprak solüsyonundaki Fe' in konsantrasyonunu kontrol etmede önemli rol oynarlar.

Bitkiler için Fe elementi

- Esansiyel elementtir.
- Klorofil yapısında olmamasına rağmen fotosentez reaksiyonları için oldukça önemlidir.
- Fe klorofil sentezinde katalizör olarak görev yapar.
- Klorofilden kopan elektronun ilk yakalayıcısı olan “ferrodoksinin” yapısına katılır.

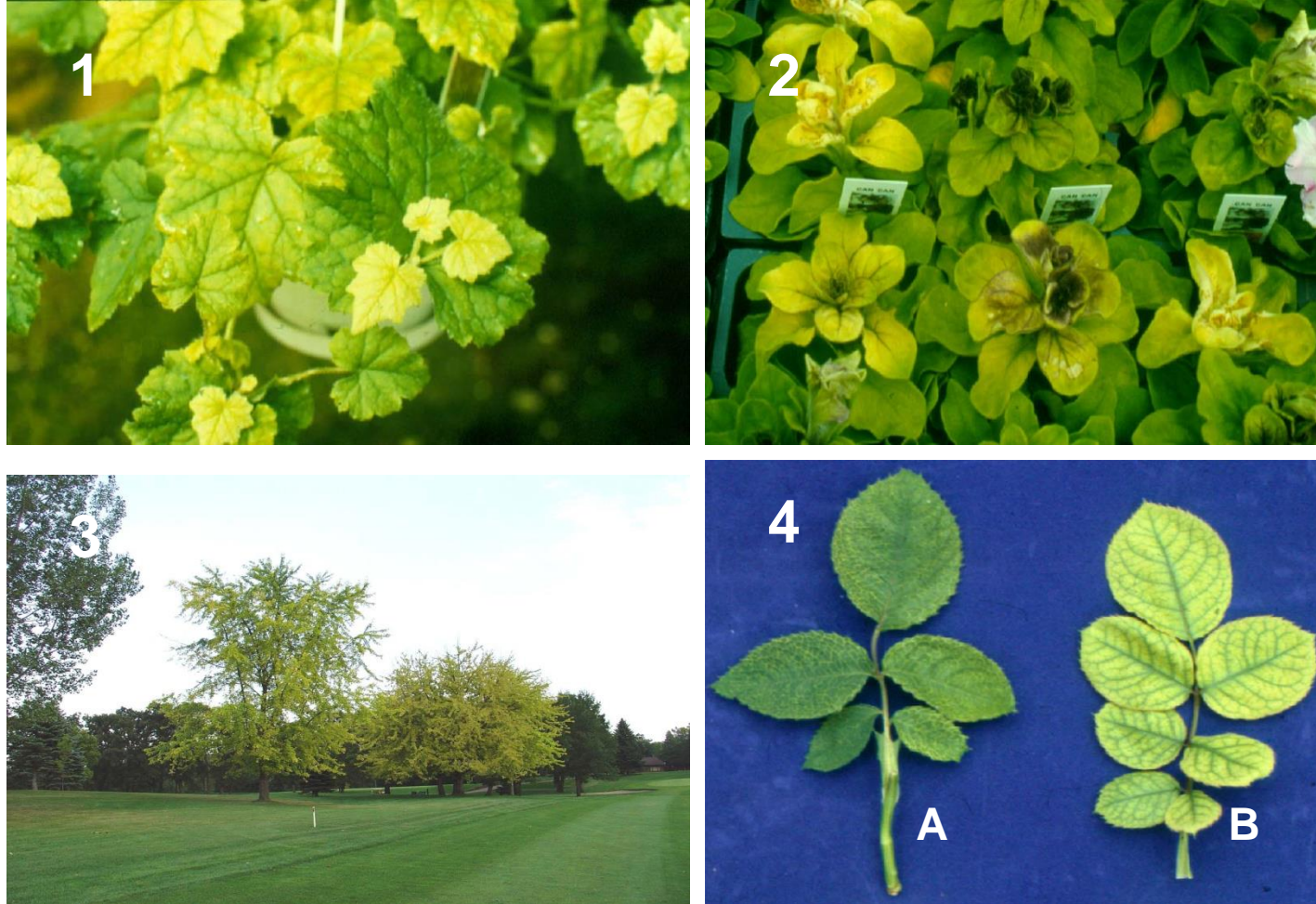
Bitkiler için Fe elementi

Yeşil bitkiler belli bir Fe miktarına sahip olmalarına rağmen, Fe iyonu yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınamaz.

Bu nedenle de Fe' in sürekli olarak bitkiye sağlanması gerekir.

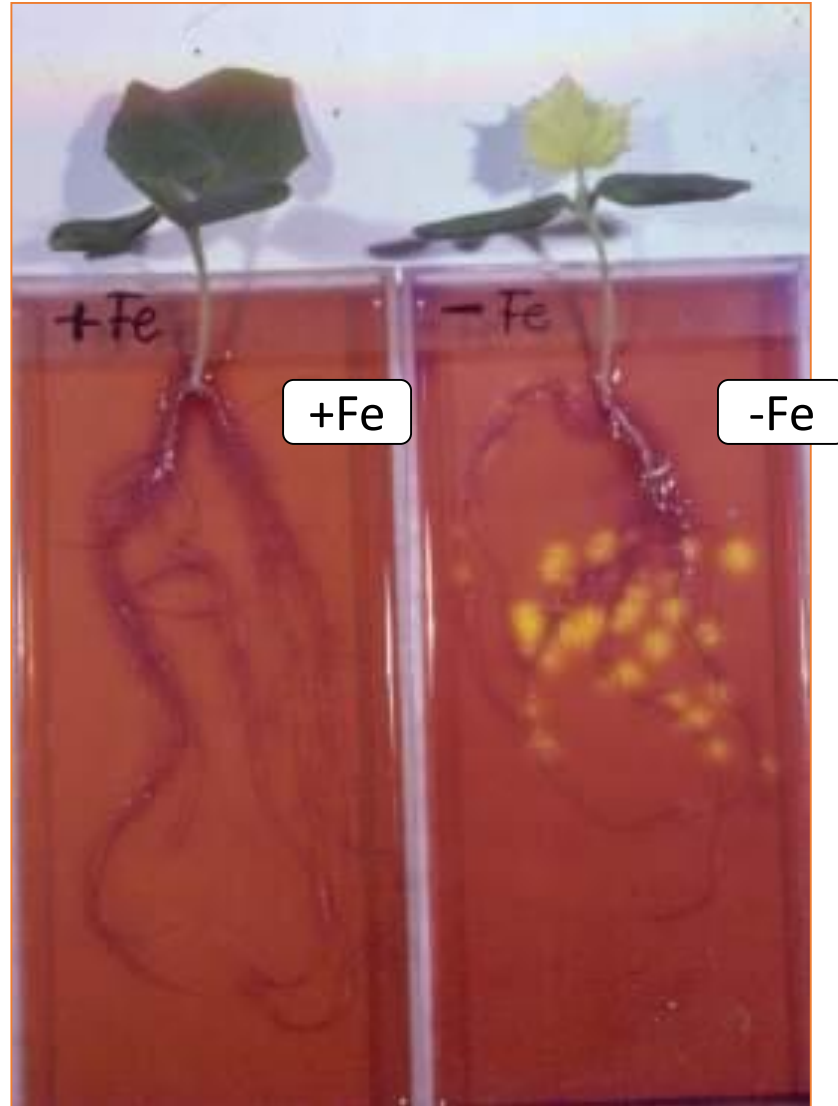
Eğer bitkiye yeterli demir sağlanamazsa yaprakların sararması gerçekleşir ve sonunda bitki büyümesi durur ve bozulma/çürüme başlar.

Demir (Fe) eksikliği semptomları



1-Tolmiea menziesii, 2- Petunia, 3-Gümüş Akçağaç, 4-Gül (A-normal, B-Fe-eksikliği)

Salatalıkta demir eksikliğinin etkisi



Bitkiler için Fe elementi

Genelde toprakta Fe iyonu bulunur.

Fakat çoğu kalkerli ve alkali topraklarda kullanılabilir Fe iyonu miktarı bitki gelişimi için yetersizdir.

Bu topraklarda yetişen bitkiler Fe eksikliğinden zarar görürler.

Bu zararlar; klorozis, düşük üretim ve düşük kalite olarak belirtebiliriz.

Bitkiler için Fe elementi

Bazı bitkiler demir stresine karşı koyarak, alkali ve kalkerli topraklarda daha iyi yetişirler.

Toprakta çözünmeyen demiri kullanılabilir demir iyonuna dönüştüren biyokimyasal fonksiyona sahip olan bitkiler kendilerine has özellikler geliştirmişlerdir.

Bitkiler için Fe elementi

Bitkilerde, kalkerli ve alkali topraklarda çözünmeyen demirin alımı için 2 ayrı mekanizmanın mevcut olduğu belirlenmiştir.

Romheld ve Marchner (1986) bu iki mekanizmayı Strateji 1 ve Strateji 2 olarak adlandırdı.

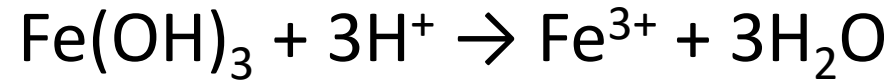
Strateji 1

Monokotil buğdaygiller hariç tüm yüksek yapılı bitkiler tarafından demir alınma mekanizması Strateji 1 ile açıklanmıştır.

Bu bitkiler rizosfere redüktör/şelatlayıcı (elektron, organik asitler, fenolikler) ve proton (H) salarak demiri alınabilir forma dönüşmesini sağlarlar.

Strateji 1 bitkilerinde Fe alımı 3 safhada gerçekleşir;

1) H⁺ (proton) salgılanması :



Reaksiyon sonucu demirin çözünürlüğü arttırılır.

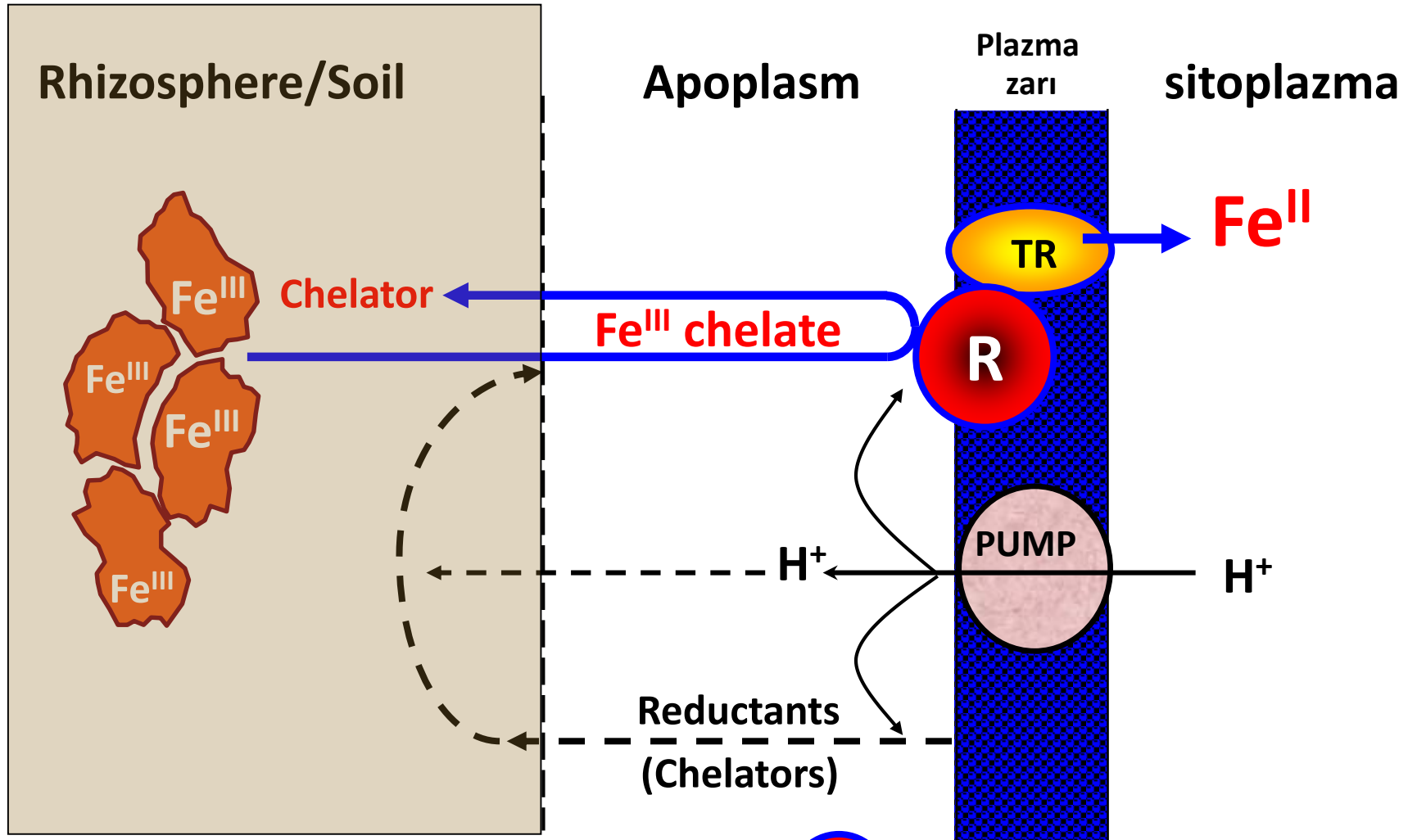
Strateji 1 bitkilerinde Fe alımı 3 safhada gerçekleşir

2) Fe^{+2} çözünürlüğü/affinitesi ferrik redüktaz ile arttırılır:



3) Fe^{+2} taşıyıcı protein ile hücre içine alınır.

Strateji 1 ile bitkide demir alımı. R: uyarılabilir redüktaz, TR: Fe⁺² için taşıyıcı,



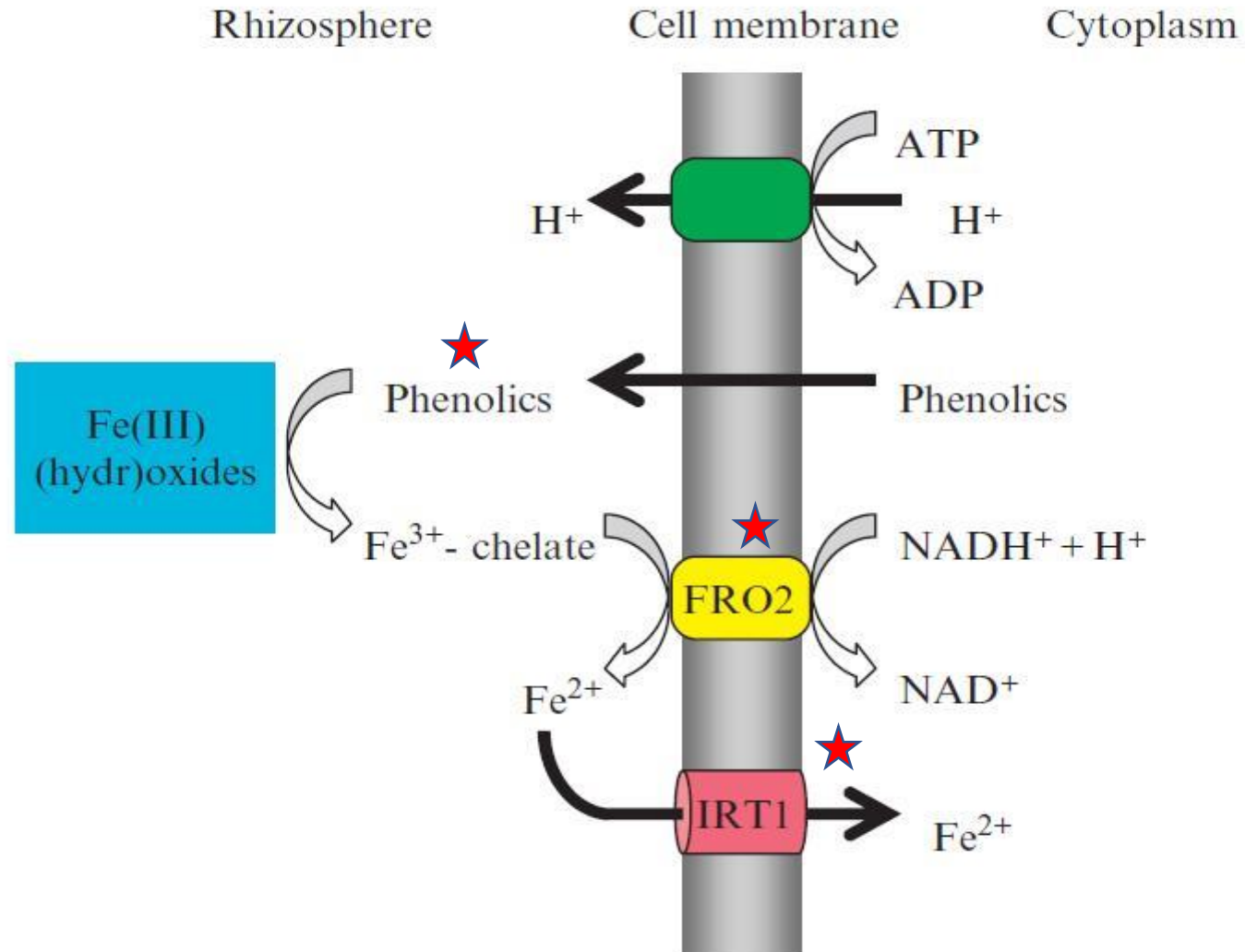
Marschner and Römheld, 1995; Plant and Soil

R Ferric Reductase

Arabidopsis thaliana

A

Strategy I



Strateji 1

Strateji 1 bitkilerinde sitrat ve malat varlığı rizosferdeki Fe^{+3} komplekslerinin formasyonu vasıtasıyla Fe alımına katkıda bulunurlar.

Zn, Cu ve Mn da bu strateji ile hücre içine alındığı düşünülmektedir.

Strateji 2

Bitkinin kullanılabileceği demir formunun bulunmaması durumunda, bazı buğdaygiller Fe^{+3} şelatlayıcı olarak fitosiderofor denilen bileşik salgırlar.

Fitosideroforların varlığı, Fe stresine duyarlı olan, su k¼lt¼r¼nde yetişen pirinç ve Graminae t¼rlerinden arpa ve yulaf bitkilerinde yapılan çalışmalarla belirlenmiştir.

Kök içinde fitosideroflorların sentezi

Fitosideroflorlar protein olmayan aminoasitlerdir ve L-metioninin bir dizi biyokimyasal yol izlemesiyle sentezlenir.

Fitosideroflor sentezi Fe eksikliği durumunda başlar.

İzole edilen önemli fitosideroforlar;

1) Mugineic acid : *Hordeum vulgare* (arpa)

2) Avenik asit : *Avena sativa* (yulaf)

3) 2' – deoksimugineik asit : *Triticum aestivum*
(buğday)

4) 3 – hidroksimugineik asit: *Secale cereale* (çavdar)

5) Distichonic asit : *Hordeum vulgare var. distichum*
(bira arpası)

Fitosideroforların rizosfere salınımı

Salgı alanı apikal kök bölgesidir.

Fitosiderofor salınımı günlük meydana gelir.

Salgılanma zamanı kökün çevresindeki sıcaklık tarafından kontrol edilir.

Fitosiderofor salınımı Fe eksikliği ile ilişkilidir.

Fitosiderofor miktarı rizosferdeki mikrobiyal aktivite ile ilişkilidir.

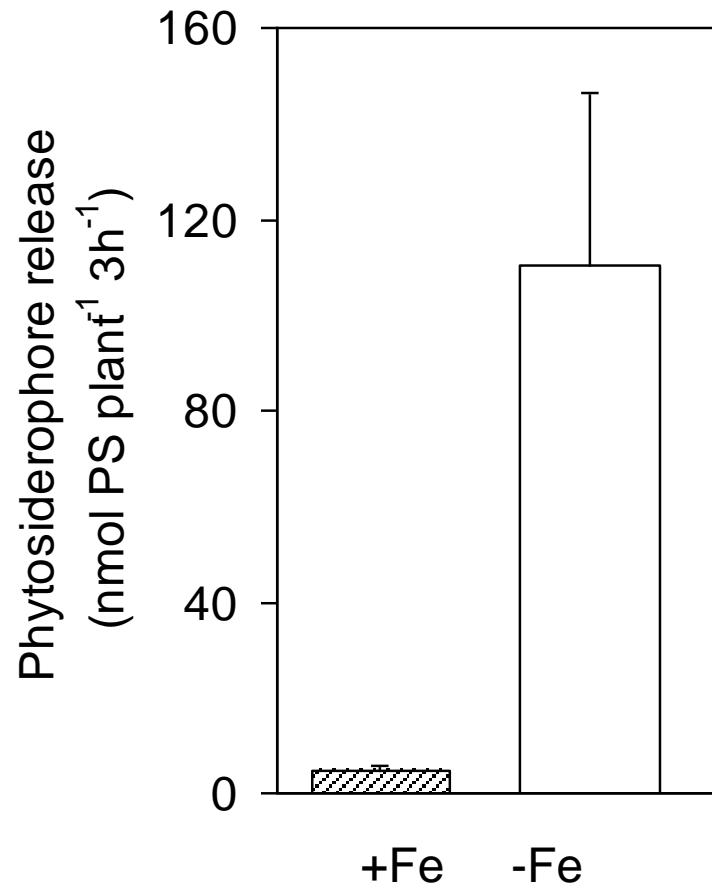
Sorumlu gen teşhis edilememiştir.

Diurnal rhythm of phytosiderophore release

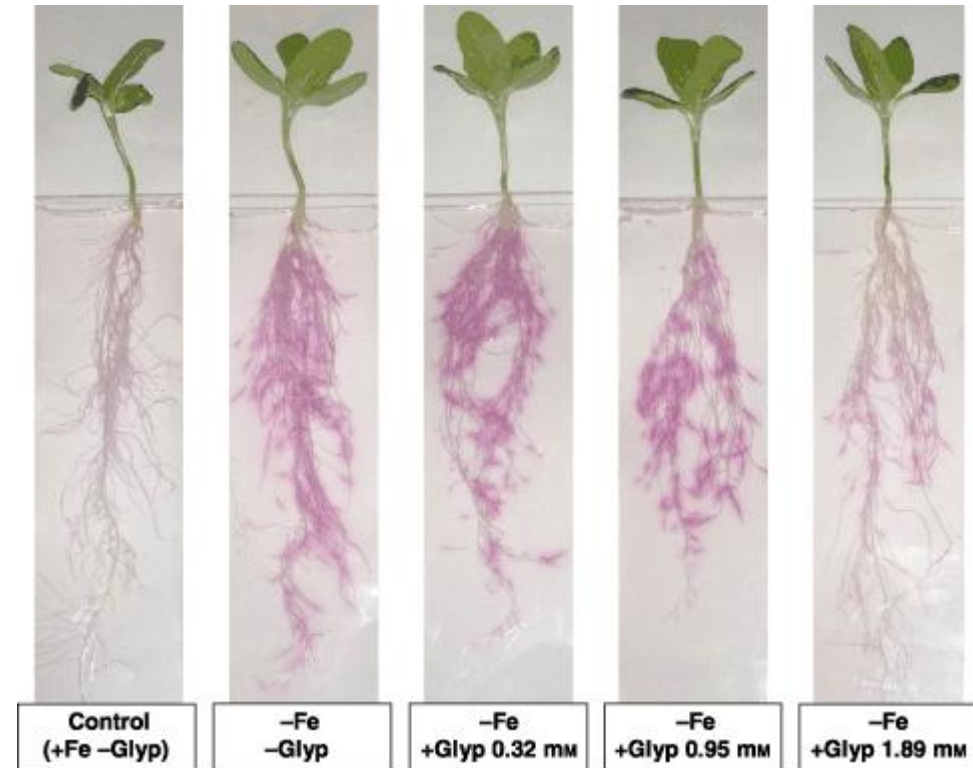


From Cakmak *et al.* (1994)

Kökten fitosiderofor salınımı

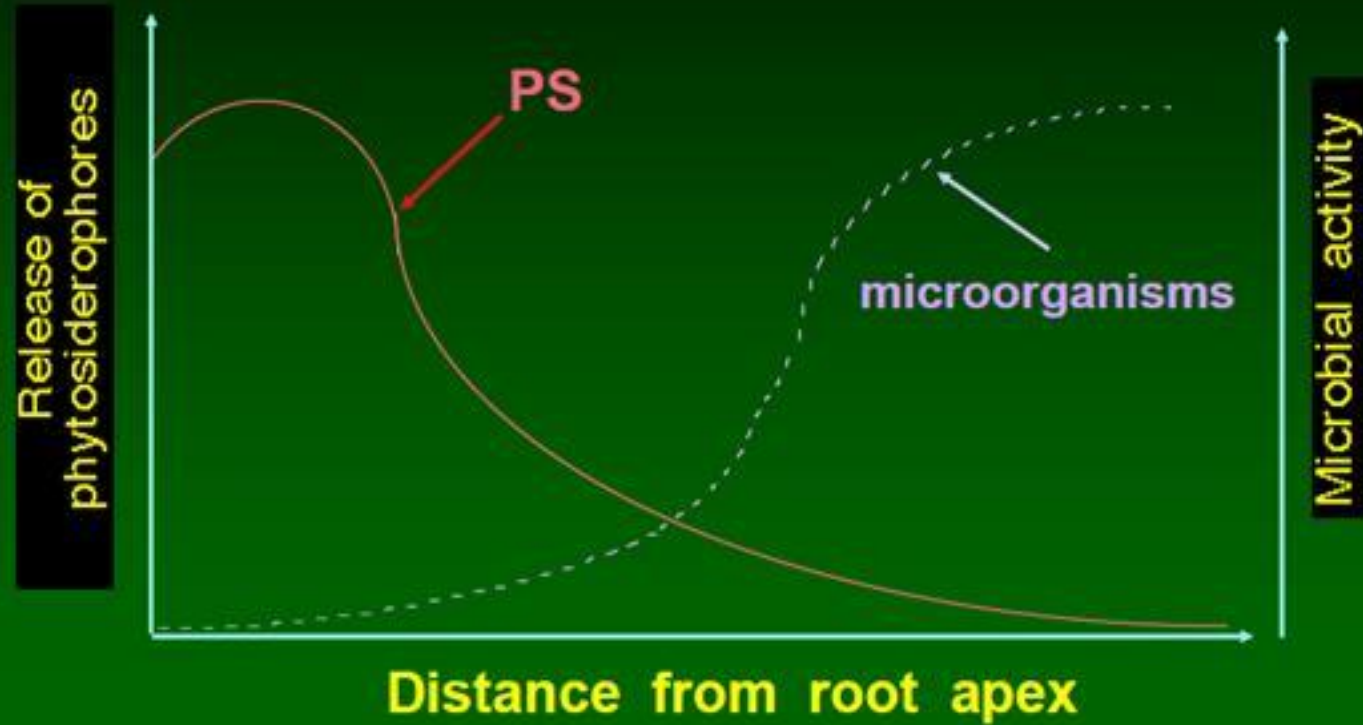


Helianthus annuus cv. TR-3080



Ozturk et al., 2008

Spatial separation of PS release sites and microbial activity



Fitosideroforun Fe^{+3} e bağlanması

Ferrihidrit en önemli demir kaynağıdır.

Fosfat, Fe mineralleri için fitosiderofor ile rekabet eder.

Fe mineralleri ile adsorbsiyon affiniteleri (birleşme eğilimi) ;

$P > PS > \text{sülfat} \approx PS - Fe > \text{nitrat} \approx \text{klorit}$

Fitosideroforun Fe^{+3} e bağlanması

Strateji 2 bitkileri yüksek pH da düşük-çözünürlüklü Fe' i çözebildikleri için Strateji 1 bitkilerine göre avantajlıdırlar.

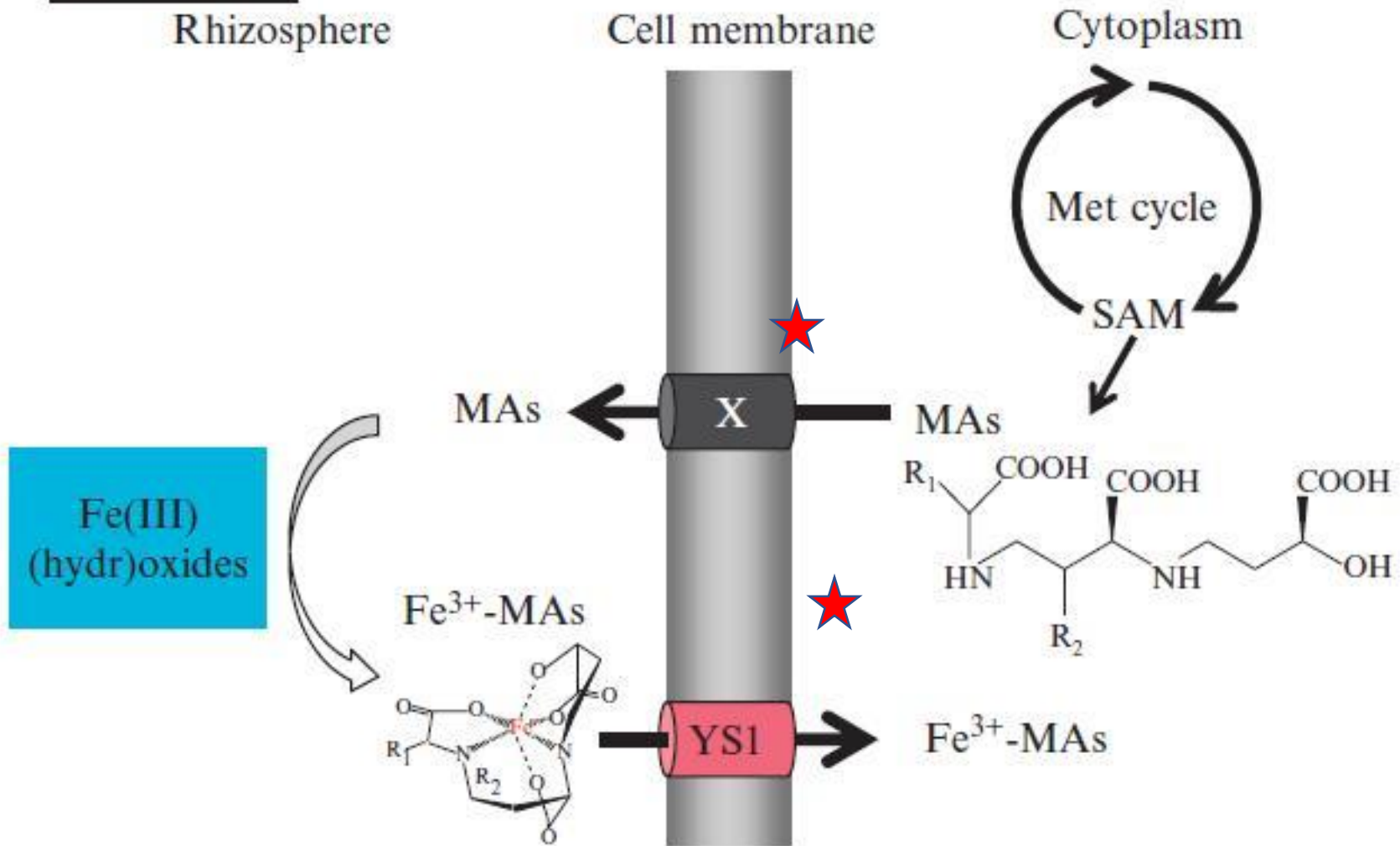
Kök tarafından fitosiderofor+Fe⁺³ kompleksinin alınması

Fitosiderofor tarafından bağlanan Fe⁺³ taşıyıcı protein ile kök korteks hücre içine alınır.

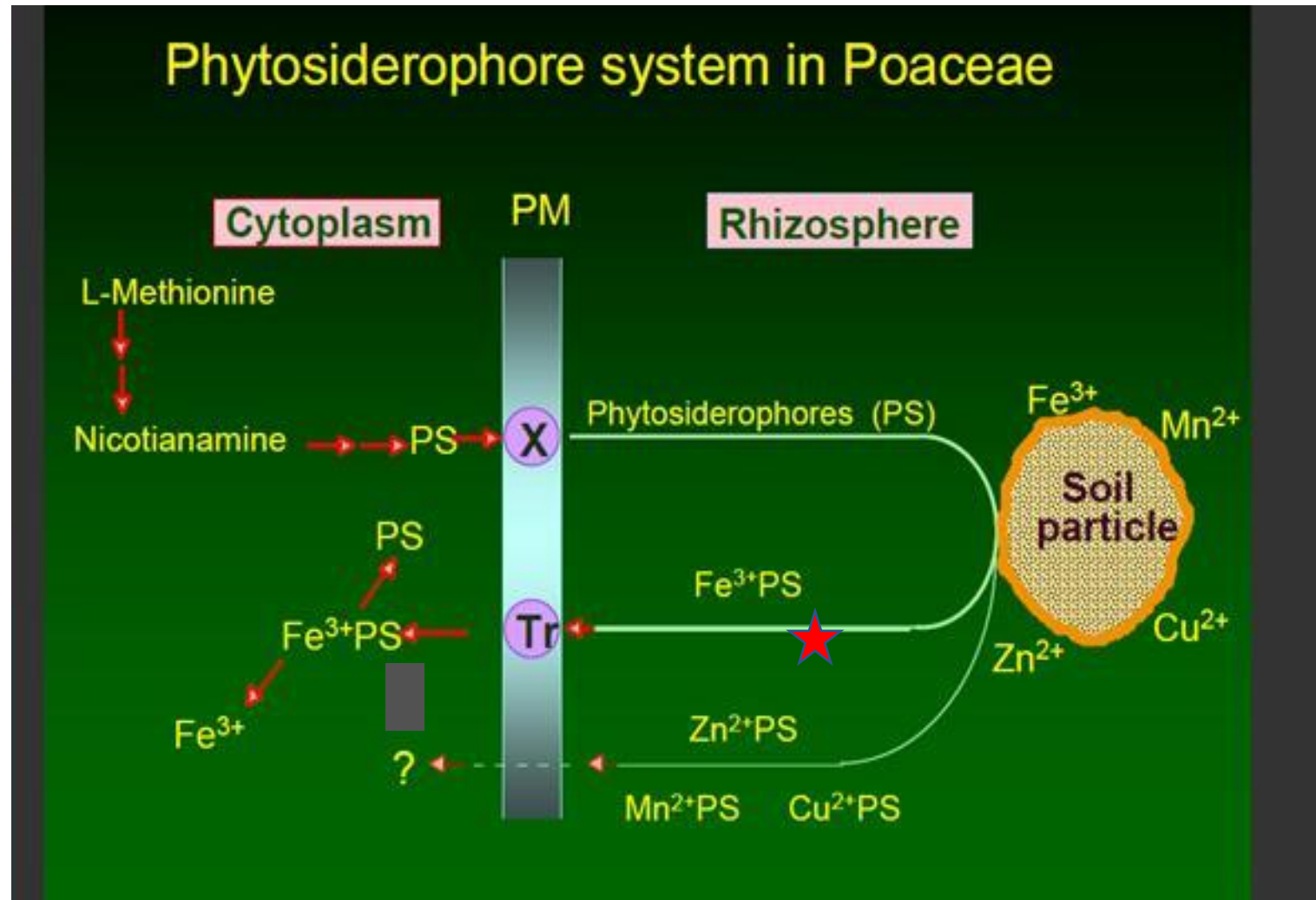
Fitosiderofor+Fe⁺³ kompleksinin alımından sorumlu gen mısırdaki teşhis edilmiştir.

Fitosiderofor çeşitli elementler (Zn, Cu, Ni) ile kompleks oluşturarak alınmasını sağlarlar.

Strategy II



Fe in yanında Zn, Cu gibi elementler fitosideroforlar ile taşınabilir.



Yine yapılan bir çalışmada mugineik asidin fitosiderofor olarak demir alımında önemli bir uyarıcı olmasının yanı sıra aynı zamanda klorofil sentezi içinde önemli bir bileşik olduğu saptanmıştır.

Sonuç

Fe in bitki gelişimi için temel element olduğu

Fe alımı için bitkilerin çeşitli stratejiler geliştirdiği

Çevresel ve genetik faktörlerin geliştirilen stratejilerde etkili olduğu

Strateji 1 ve 2 ile Fe' in yanı sıra farklı elementlerin alınabildiğidir.