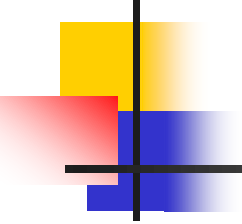
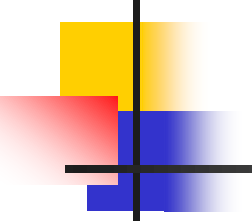




Kalsiyum (Ca)

- Bitkiler kalsiyumu Ca^{+2} iyonu şeklinde alır.
Kök KDK > Ca alımı >
- Bitki dokularında toplam kalsiyumun büyük bir bölümü, hücre duvarlarında yer alır.
- Pektatlar şeklinde bulunan kalsiyum, hücre duvarlarının ve bitki dokularının güçlenmesinde temel görevi üstlenmiştir
- Hücre duvarlarında yer alan kalsiyum pektatlar bitki dokularını ve meyveleri fungal ve bakteri enfeksiyonlarına karşı koruma görevi yapar.

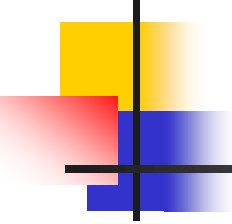
- 
-
- Kök uzaması ve hücre bölünmesini etkiler
 - Membran stabilitesini sağlar
 - Kalsiyum hücreden madde çıkışı (efflux) olağanüstü azaltarak bitki dokularını don stresine karşı korur.
 - Güç çözünen kalsiyum oksalat oluşumu hücrede osmotik dengenin sağlanmasında yardımcı olur.

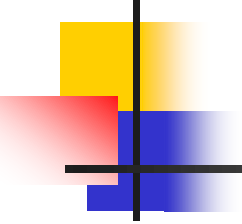
- 
- Noksanlığında poligalakturanoz pektatları parçalar. Hücre duvarları erir, cıvıklaşır
 - **Hastalıklara dayanıklılık azalır**
 - Bitkilerde kalsiyum noksanlığının karakteristik belirtisi meristematik dokulardaki gelişme gerilemesidir.
 - Noksanlık belirtileri Önce büyüme noktalarında ve genç yapraklarda görülür. Genç yapraklarda sararma ve şekil bozulmaları olur.
 - Yeterli düzeyde kalsiyumun bulunmaması durumunda meyveler zamanından önce olgunlaşır. Dokuları gevşek olan bu meyveler depolama için de uygun değildir
 - Çiçek ucu çürüklüğü ve acı benek oluşumu artar
 - N fiksasyonu azalır



Magnezyum (Mg)

- Bitkiler magnezyumu Mg^{+2} iyonu şeklinde alır.
- Kalsiyuma göre Mg^{+2} iyonlarının floemde daha mobil olmaları nedeniyle magnezyum yaşlı yapraklardan genç yapraklara doğru taşınır.
- Benzer olgu K^+ iyonları için de geçerlidir.
- Özellikle meyvelerde besin elementi sağlanması floem yoluyla olduğu için meyvelerin K ve Mg içerikleri Ca içeriklerinden daha yüksektir.

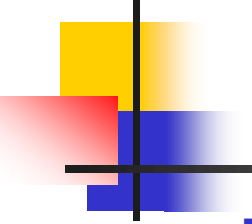
- 
- Mg'un $> \%70$ 'i inorganik ve organik anyonlara (sitrat, malat) bağlıdır.
 - Yeşil bitki yapraklarında magnezyumun en önemli işlevi klorofil moleküllerinde merkezi atom olarak yer almasıdır.
 - Protein sentezinde magnezyum etkilidir. Yeterisiz olduğunda protein sentezi durur.
 - **Enzimler katalizler**
 - Glutasyon Sentaz (N asimilasyonu)
 - PEP-Karboksilaz (CO_2 asimilasyonu)
 - ATPaz (ATP sentezi)
 - RiDP-Karboksilaz (CO_2 fiksasyonu)
 - Fruktoz,1,6Difosfataz (Nişasta sentezi)

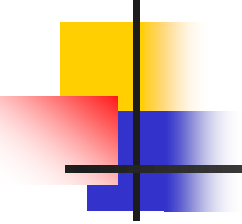
- 
-
- Magnezyum noksanlığı belirtileri öncelikle gelişmesini tamamlamış yaşlı yapraklarda görülür.
 - Önce yapraklarda damarlar arasında sararma başlar ve ileri aşamada kahverengi ve siyah nekrotik lekeler oluşur.
 - Bitkilerde karbohidratların (nişasta ve şekerlerin) birikimi magnezyum noksanlığının tipik belirtisidir.



Kükürt (S)

- Bitkiler gereksinim duydukları kükürdün büyük bir bölümünü kökleri aracılığıyla toprak çözeltisinden SO_4^{-2} iyonları şeklinde alır. Bitkiler az da olsa stomaları aracılığıyla atmosferden kükürtdioksit (SO_2) absorbe eder.
- Kükürt gereksinimlerini karşılamak üzere bitkiler kökleriyle aldıkları SO_4^{-2} iyonlarını ve atmosferden absorbe ettikleri SO_2 'i asimile edebilmek için sülfüre (S^{-2}) indirgerler.
- Asimilasyonu NO_3 asimilasyonuna benzer

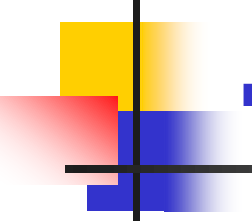
- 
- Bitkilerde kükürdün % 90 kadarı **sistein, methionin** ve **sistin** gibi amino asitlerin içerisinde bulunur.
 - Proteinlerde ya da polipeptitlerde kükürdün temel işlevi polipeptit zincirleri arasında disülfid bağıını oluşturmaktır.
 - **Koenzim A (Co-A), biyotin, thiamin, B1 vitamini ile glutasyon sentezinde gerekli**
 - **Ferrodoksinlerin yapısında bulunur**
 - Klorofilin yapısında yer almamakla beraber kükürt klorofil sentezinde de etkilidir.

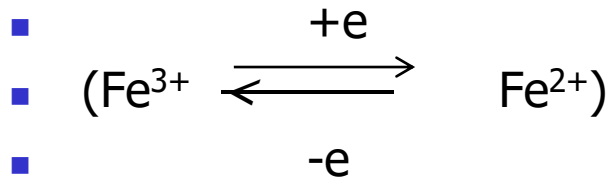
- 
-
- Kükürt noksanlığında genç yapraklarda kloroz, damarlar arasında sararma ile başlar ve sararma giderek tüm yaprağa yayılır.
 - **Bodurlaşma görülür, yaprak sayısı ve alanı azalır**
 - Kükürt noksanlığının en belirgin işareti yapraklarda klorofil miktarının azalmasıdır.
 - **Kükürt noksanlığında protein miktarındaki azalma yanında proteinin kükürt içeriği de önemli derecede azalır.**
 - Çözünebilir N'lu bileşikler miktarı artar

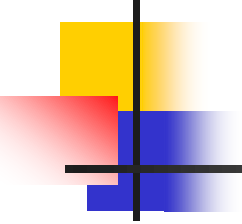


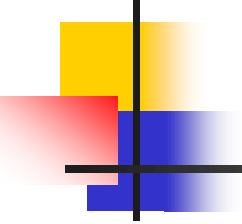
Demir (Fe)

- Yaşlı yapraklardan genç yapraklara demirin **aktarılmaması** nedeniyle bitkiler geliştikleri ortamdan demiri sürekli almak durumundadır.
- Bitki metabolizmasında Fe^{+2} şeklindeki demir kullanıldığı için bitki Fe^{+2} iyonunu ya da bu şekle indirgenmiş demiri alır.

- 
- Toprak çözeltisinde bitkiye yararlı demir miktarı genelde çok azdır.
 - Bu olgu demirden daha fazla yararlanabilmeleri için bitkilerin özel mekanizmalar geliştirmelerine yol açmıştır. Örneğin kimi bitkiler kökleriyle protonları (H⁺ iyonlarını), indirgen maddeleri ve değişik amino asitleri içeren kileyt (şelat) oluşturucu maddeleri *Fitosideroforları* salgılamak suretiyle demirden daha fazla yararlanmaya çalışırlar.
 - Demir bitkilerde metabolik işlevleri yönünden önemini ve çeşitli fizyolojik etkinliklerini yükseltgenme-indirgenme tepkimeleri ile gösterir,



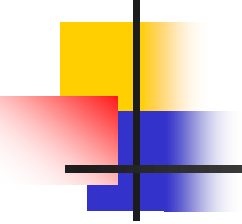
- 
-
- Bitkilerde önemli fizyolojik işlevleri olan ve pek çok biyokimyasal tepkimeleri katalize eden enzimler demir tarafından aktive edilir.
 - Çeşitli metabolik işlevlerde elektron aktarıcı olarak önemli görev yapan **ferrodoksinin** yapısında demir bulunur.
 - Klorofilin yapısında yer almamakla beraber bitkinin demir beslenmesi ile klorofil içeriği arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır.
 - Protein sentezi üzerinde önemli rol oynar.

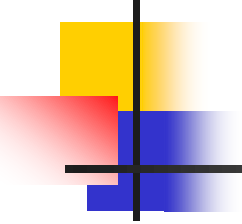
- 
- Demir noksanlığı belirtileri öncelikle genç yapraklarda görülür. Noksanlığın ileri aşamalarında yaşlı yapraklar da etkilenir. Bitkilerde demir noksanlığı damarlar arasında sararma şeklinde ortaya çıkar.
 - Demir noksanlığının en tipik özelliği yapraklarda en ince damarların bile yeşil kalması ve damarlar arasında rengin tamamen sarıya dönmesidir.
 - Noksanlık şiddetine göre damarlarda sararır



Mangan (Mn)

- Bitkiler geliştikleri ortamdan mangani Mn^{+2} iyonu şeklinde alır.
- Çok kolay yükseltgenmesi nedeniyle bitkilerde Mn, fotosentezde elektron aktarımı ve oksijen içermeyen radikallerin zehir etkilerinin giderilmesi gibi redoks işlemlerde önemli görev yapar. Başta *Enzim-S* ve *Süperoksit Dismutaz (SOD)* enzimleri olmak üzere mangan pek çok enzimde aktivatör olarak görev yapar.
- Bugünkü bilgilerimize göre 35 kadar enzimin aktive edilmesinde kofaktör olarak işleve sahiptir.

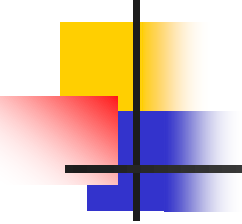
- 
-
- Karbohidrat sentezinde önemli rolü olan enzimlerin aktivasyonunda da rol oynar.
 - Mangan bitkilerin su ekonomisini düzenler ve don stresine dayanıklılık kazanmalarını sağlar.

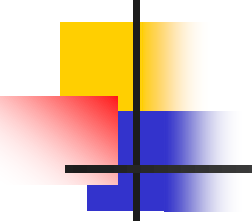
- 
-
- Mangan noksanlığında bitkilerde büyüme gerilemesi ya da bodur büyüme yanında genç yapraklarda damarlar arasında sararma görülür.
 - **Büyüme uçlarındaki belirti zamanla yayılır**
 - İleri aşamalarda damarlar arası dokular ölür, yapraklar kırışık, kıvrık ve benekli görünüm kazanır
 - **Özellikle köklerde çözünebilir karbohidrat azalır dolayısıyla kök gelişimi azalır**



Bor (B)

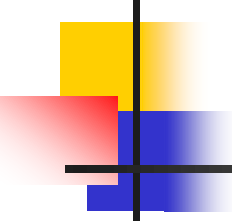
- Bitkiler geliştikleri ortamdan boru, borik asit, $B(OH)_3$ ve borat iyonları, $B(OH)_4^-$ şeklinde alır.
- **Bitki organlarında hareketi sınırlı olan bor genelde immobil olarak nitelendirilir.**
- Bor şekerlerin taşınmasında, biyomembranların yapısal ve fonksiyonel özellik kazanmalarında, ligninleşme olgusunda, karbohidrat, RNA (ribonükleik asit) ve İAA (indolasetik asit) metabolizmalarında, solunumda, fenol metabolizmasında ve hücre duvarı strüktürünün oluşmasında önemli rol oynar.

- 
-
- Transpirasyonu düzenleyerek su ekonomisi sağlar
 - **N fiksasyonunu etkiler**
 - Hastalık ve zararlılara direnç kazandırır

- 
-
- Bor noksanlığı öncelikle büyüme noktalarına zarar verdiği için bitkilerde büyüme yavaşlar.
 - Genç yapraklar büzülüp kıvrılır, çoğu zaman kalınlaşır ve koyu mavi, yeşil bir renk alır.
 - Boğum araları kısalır, büyüme bodurlaşır, bitki çalılaşmış bir görünüm kazanır.
 - Yaprak sapları ve gövde kalınlaşır, kerevizde *Çatlak Gövde*, karnabaharda *Kahverengi Çürüklük ve Bronzlaşma* oluşur.
 - Yumru köklü bitkilerde yumruların depolanmaları sırasında pancar ve kerevizde *Öz Çürüklüğü* meydana gelir ve pazar özellikleri yiter.
 - Tomurcuk, çiçek, meyve oluşumu azalır

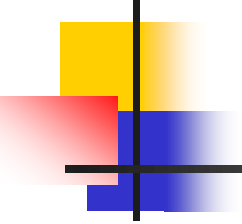
Çinko (Zn)

- Bitkiler çinkoyu Zn^{2+} iyonu şeklinde alır.
- Yüksek bitkilerde bulunan *Alkol Dehidrogenaz, CuZn - Süperoksit Dismütaz (Cu-Zn-SOD), Karbonik Anhidraz (CA), RNA Polimeraz, Alkalın Fosfataz, Fosfolipaz ve Karboksipeptitaz* gibi enzimlerin yapılarında çinko yer alır.
- Çinko noksanlığında enzim aktivitesinin azalmasına bağlı olarak karbohidrat, protein, oksin metabolizması da olumsuz şekilde etkilenir.
- **Membran kalitesini etkiler**

- 
- Çinko noksanlığının en belirgin görüntüsü bitkilerde bodur büyümedir. (IAA sentezinin yavaşlaması)
 - Yapraklarda damarlar yeşil renklerini korurken damarlar arası açık yeşil, sarı ve hatta beyaza döner.
 - Topraküstü büyüme daha çok etkilenir
 - Meyve ağaçlarında ve özellikle sürgün uçlarında boğumlar arası kısalır
 - Yapraklar olağanüstü küçülerek *Rozet* oluşur.
 - Tomurcuk sayısı azalır ve açılmaz
 - Yapraklar orak şeklini alır
 - ABA birikimi tane oluşumunu azaltır

Bakır (Cu)

- Bitkiler tarafından Cu^{2+} iyonu şeklinde alınır.
- Durağan kompleks oluşturması ve çok kolay elektron alıp vermesi nedeniyle bakır, demire benzer özellik taşır.
- Bitkilerde bakır çok çeşitli ve önemli metabolik işlevlerini:
- **a.** Düşük molekül ağırlıklı organik bileşiklerle ve proteinlerle kompleks oluşturmak,
- **b.** Yaşamsal öneme sahip metabolik işlevleri gerçekleştiren *Plastosiyanin, Süperoksit Dismütaz, Sitokrom Oksidaz, Askorbat Oksidaz, Diamin Oksidaz, Fenol Oksidaz* gibi enzimlerin yapılarında yer almak,
- **c.** Karbohidrat, lipit ve azot metabolizmasında görev almak,
- **d.** Hücre duvarlarının ligninleşmesini sağlamak,
- **e.** Tohum ve meyve gibi çeşitli oluşumlarda etkili olmak suretiyle yerine getirir.
- Bodur büyüme, genç yaprakların kıvrılıp bükülmesi, apikal meristem dokularında nekrozlar ve genç yapraklarda solma bakır noksanlığının genelde tipik belirtileri arasındadır.

- 
-
- Tipik Noksanlık belirtileri;
 - bodur büyüme,
 - genç yaprakların kıvrılıp bükülmesi,
 - apikal meristem dokularında nekrozlar ve
 - genç yapraklarda solma
 - Belirtiler önce genç yapraklarda görülür



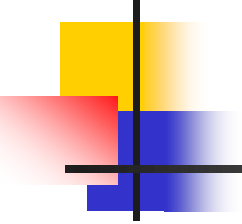
- Tahıllarda;

- Yaprak uçlarında beyazlaşma, daralma, kırılma
- Bodurlaşma, kardeşlenmede azalma
- Başak ve salkım oluşamama
- Hastalıklara direnç azalması



Molibden (Mo)

- Molibden bitkiler tarafından molibdat (MoO_4^{-2}) iyonu şeklinde alınır.
- Molibden bitkilerde yaşamsal öneme sahip *Nitrogenaz* ve *Nitrat Redüktaz* enzimlerinin yapısında yer alır.
- Molibden noksanlığı belirtileri önce orta ve yaşlı yapraklarda ortaya çıkar. Yapraklar sarıdan sarımsı yeşile değin değişen renklere bürünür ve yaprak kenarları içe doğru kıvrılır. Aynı zamanda yapraklar, çoğunlukla normal yapraklara göre küçük olur ve yüzeyleri kahverengi beneklerle kaplanır.



Molibden noksanlığı en sık ve en yaygın şekilde hardalgil (*Cruciferae*) familyası bitkilerinde ve özellikle de karnabaharda görülür. Karnabahar yapraklarında damarlar arası sararır ve yapraklar grimsi yeşil pörsümüş bir görünüm kazanır.

Klor (Cl)

- Bitkiler tarafından Cl^- iyonu şeklinde alınır.
- Klor, kloroplastların granumları içerisinde gerçekleşen fotosentezin ışık tepkimeleri evresinde su moleküllerinin fotosistem II'de fotolize edilmesinde Mn^{2+} ile birlikte görev yapar.
- Gözeneklerin açılıp kapanmaları klor ve malat anyonları eşliğinde potasyumun bekçi hücrelerine giriş durumuna göre ayarlanır
- Ozmotik basıncı düzenleyerek su rejimini etkiler
- Klor fazlalığı fotosentez ürünlerinin taşınımını ve viral hastalıklara direnci azaltır
- Tütünde yanmayı, patatesten depolanmayı zorlaştırır

Sodyum (Na)

Bitkiler sodyumu Na^+ iyonu şeklinde alır.

Natrofilik Bitkiler

Natrofobik Bitkiler

Na ve K özdeş görevleri yapar

Su rejimi üzerine etkilidir

Düşük sıcaklık hassasiyetini azaltır

Kalite ve hastalıklara direnç üzerine etkilidir

Noksanlığı şeker pancarında görülür

Yaprak incelir, metalik yeşil renk alır,

altları pembeleşir