

ZTO 235 BİTKİ FİZYOLOJİSİ

Doç. Dr. Özge ŞAHİN

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme Bölümü

06110 Ankara

osahin@ankara.edu.tr

KALSIYUM

Toprakta Kalsiyum

Kalsiyum içeren mineraller ve ayrışmaları

Çizelge 15.1. Yeryüzü katmanının 16 km derinlikte ortalama kimyasal bileşimi

Element	% Ağırlık	% Hacim	Element	% Ağırlık	% Hacim
O	46.46	91.77	H	0.14	0.06
Si	27.61	0.80	P	0.12	-
Al	8.07	0.76	C	0.09	0.01
Fe	5.06	0.68	Mn	0.09	-
Ca	3.64	1.48	S	0.06	-
Na	2.75	1.60	Cl	0.05	0.04
K	2.58	2.14	Br	0.04	-
Mg	2.07	0.56	F	0.03	-
Ti	0.62	-	Diğer tüm elementler	0.52	0.10

Ca toprakta;

- Primer mineraller
- Ca içeren Al-silikatlar (feldispatlar ve amfiboller)
- Ca-fosfatlar ve
- Kireçli topraklarda kalsit (CaCO_3) veya dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)

şeklinde bulunur

Toprakta Ca miktarı;

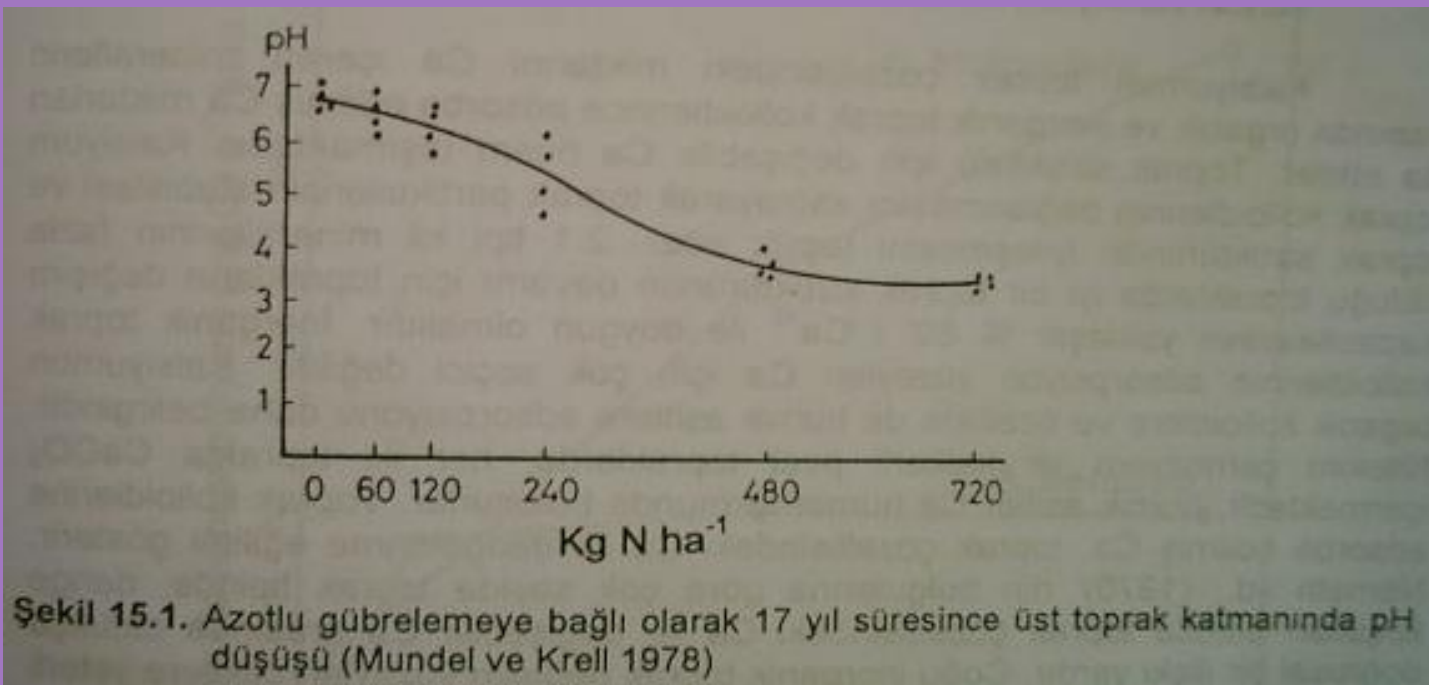
- **toprak tipine** (kireçli topraklar ile genç bataklık toprakları % 10-70 CaCO_3)
- **ana materyale** ve
- **ayrışma ve yıkanma derecesine** bağlıdır
 - yıkanma oranı
 - yağış ve minerallerdeki Ca miktarına bağlı ($200\text{-}300 \text{ kg Ca ha}^{-1}$)

Kireçli topraklar genelde **alkalin** reaksiyonludur

Ca' lu minerallerin ayrışmaları;

- ortamdaki H^+ iyonunun bulunuşuna (H_2CO_3 dissosiasyonu)
- toprakta CO_2 oluşumuna $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
kök, mikroorganizma, O.M. yağmur suları
- Nitrifikasyon $2\text{NH}_4 + 4\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3 + 4\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$
Ca yıkanması ve toprak asitliğine etki
 $100 \text{ kg } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ } 45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Ca} \rightarrow \text{drenaj suyuna}$

Asit yağışlar



Kalsiyum adsorpsiyonu ve toprak çözeltisi

Toprak çözeltisindeki Ca miktarını;

- Ca içeren mineraller ile
- kolloidlerce (org + inorg) adsorbe edilmiş Ca miktarı etkiler
- Org. kolloidler ve Humik asit adsorpsiyonu önemli (HUMAT)

Ca toprak strüktürü için önemlidir

- 2:1 kil hakim toprakta KDK' nın % 80' i Ca ise STRÜKTÜR İYİ
- inorganik topraklarda Ca yeterli
- organik topraklarda az olabilir

Kalsiyumun ekolojik davranışları

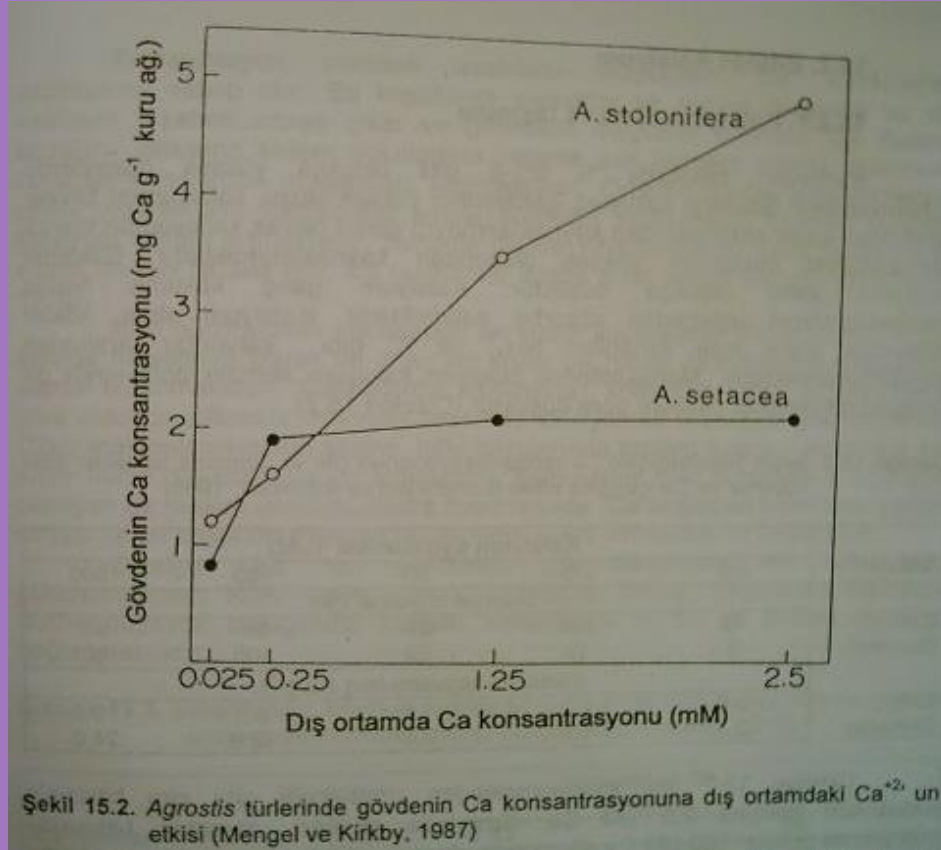
Toprakların **kireç** ve **pH** durumları bitkilerin adaptasyonunu etkilemiştir

Kirece tolerans bakımından bitki türleri;

- kireç seven (**kalsikol**) ve
- kireç sevmeyen (**kalsifüj**) olarak iki gruba ayrılır

Bu bitkilerin Ca metabolizmaları farklıdır

- **kalsikol**lerin Ca ve malat kapsamları yüksek ve Fe noksanlığına hassasiyetleri **az**
- **kalsifüj**lerin Ca kapsamları az, Fe noksanlığına hassasiyetleri **fazla**



Kireçli toprakların;

- pH' ları ve Ca içerikleri **yüksek**
- besin maddelerince daha **zengindir**
- çözünebilir ağır metal düzeyleri genellikle **düşüktür**
- nitrifikasyonu gerçekleştiren ve azot fikse eden bakteri popülasyonu da **yüksektir.**

Türkiye topraklarının kalsiyum durumları

- Kireç fazla = Ca fazla
- Ana materyal sedimenter kökenli
- Yağış az

Bitkide Kalsiyum

Kalsiyum alımı ve taşınımı

- Bitkilerde % 0.1-5 oranında Ca bulunur
- Bitkilerin kalsiyum alımı oldukça düşüktür

Toprak çözeltisinde **fazla** bulunduğundan bitkide de **fazladır**

Kök uçlarıyla absorbe edilir

NH_4^+ ve K^+ gibi katyonlar **antagonist** etki yapar

Çiftçeneklilerin Ca alımı ve kapsamı > tekçeneklilerin Ca alımı ve kapsamı

Çizelge 15.2. Besin çözeltisindeki Ca konsantrasyonunun çim ve domates bitkisinin nisbi büyüme ve Ca içeriğine etkisi

Bitkiler	Kalsiyum uygulaması (μM)				
	0.8	2.5	10	100	1000
	Oransal büyüme (%)				
Çim	42	100	94	94	93
Domates	3	19	52	100	80
	Kalsiyum kapsamı (mg Ca g^{-1})				
Çim	0.6	0.7	1.5	3.7	10.8
Domates	2.1	1.3	3.0	12.9	24.0

Bitkilerin Ca alımı;

- ortamdaki Ca konsantrasyonu
- antagonist katyonların konsantrasyonu ve
- ortam pH' sına **bağlıdır**

Ca bitkiler tarafından iyonik formda (Ca^{++}) alınır (**Aktif** olarak)

Bitkilerde taşınım ksilemde transpirasyonla (**transpirasyon ↓ meyvede Ca ↓**)

- taşınım suya bağlı
- alımın suyla ilgisi yok

Mg ve Ca' un vejetatif aksamdaki miktarı > generatif kısımdaki miktarı

- meyvelerde **Mg/Ca oranı yüksektir** (Mg' un mobilitesi yüksek)

N' lu gübreleme organik asit içeriğini artırarak

- Ca alımını kolaylaştırır
- Okzalik asit oluşumu alımı zorlaştırır

Vakuoldeki Ca miktarı (okzalat formunda) > sitoplazmadaki Ca miktarı

Ca bitki dokularında;

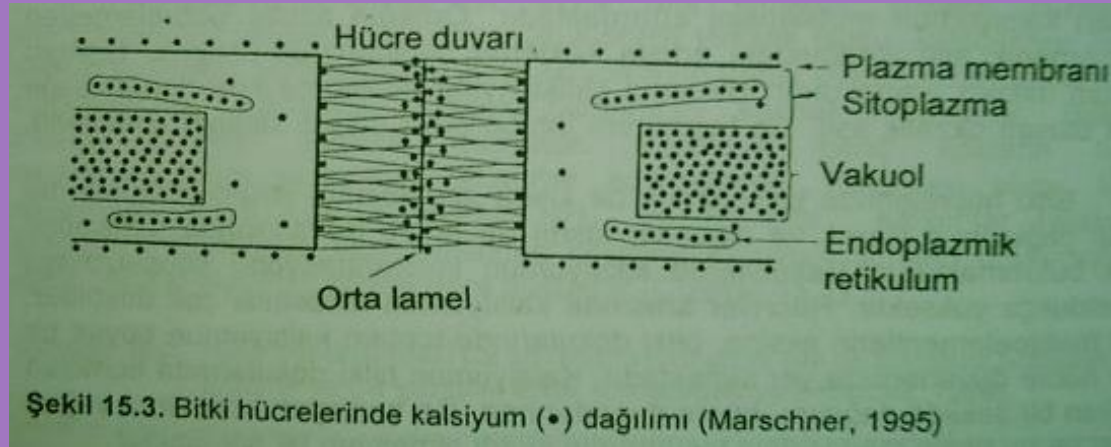
- Serbest ve
- Bağlı olarak (çoğu hücre duvarlarında) bulunabilir

Çizelge 15.3. Şekerpancarı bitkisine uygulanan kalsiyum ile bitkide kalsiyum formlarının oransal dağılımındaki değişimler

Ca formları	Uygulanan Ca (meq l ⁻¹)	
	0.33	5.0
Suda çözünebilir	27	19
Pektat	51	31
Fosfat	17	19
Okzalal	4	25
Diğer	1	6

Bitki çeşitlerine bağlı olarak vakuollerde Ca;

- pektin formunda poli anyonlar şeklinde veya
- apoplazmda kalsiyum karbonat formunda çökelmektedir



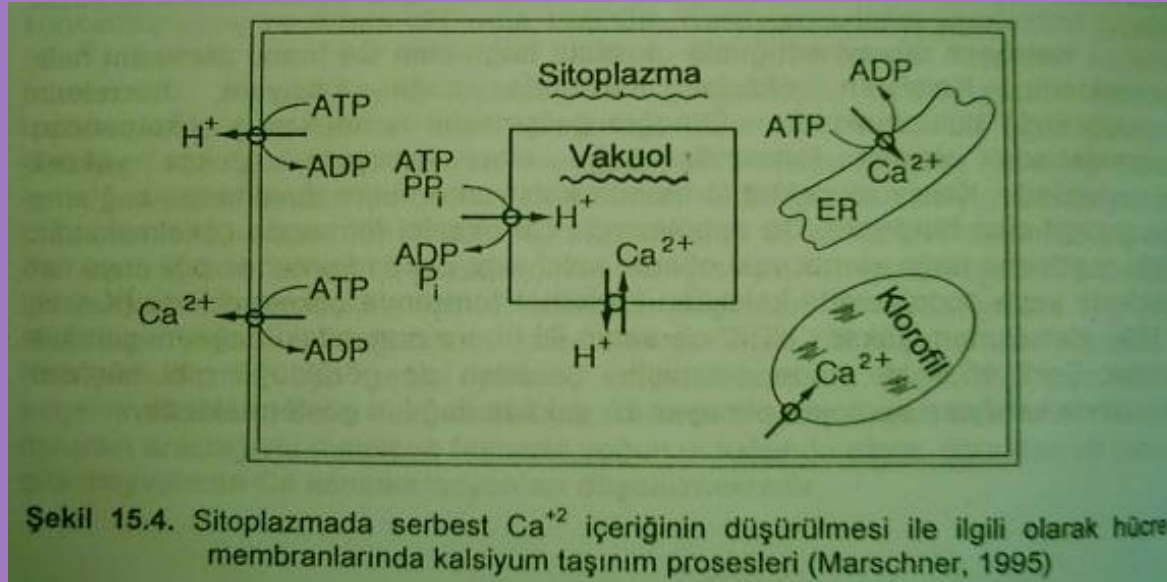
Şekil 15.3. Bitki hücrelerinde kalsiyum (•) dağılımı (Marschner, 1995)

Suda çözünebilir Ca vakuollerde;

- büyük oranda **malat**, **NO₃** veya **Cl** gibi anyonlar ile bulunur

Sitoplazmik Ca miktarı **<** Hücre duvarları, ER ve vakuollerdeki Ca olması

- Pi' un sitoplazmada çökmesini önleme ve
 - bağlanma yörelerinde Ca⁺²' un Mg⁺² ile rekabeti açısından önemli
- Plazma membranı ve ER' a Ca taşınımını;
- Ca pompalayan ATPas' lar ve
 - Ca⁺²/H⁺ iyon çiftinin karşılıklı taşınımı ile sağlanır
 - burada taşınım mekanizması proton motivasyonludur ve
 - taşınım için sitoplazma ve vakuol arasında konsantrasyon farkı olmalıdır



Kalsiyumun hücre duvarlarının stabilitesine etkisi

Pektat formu Ca önemlidir

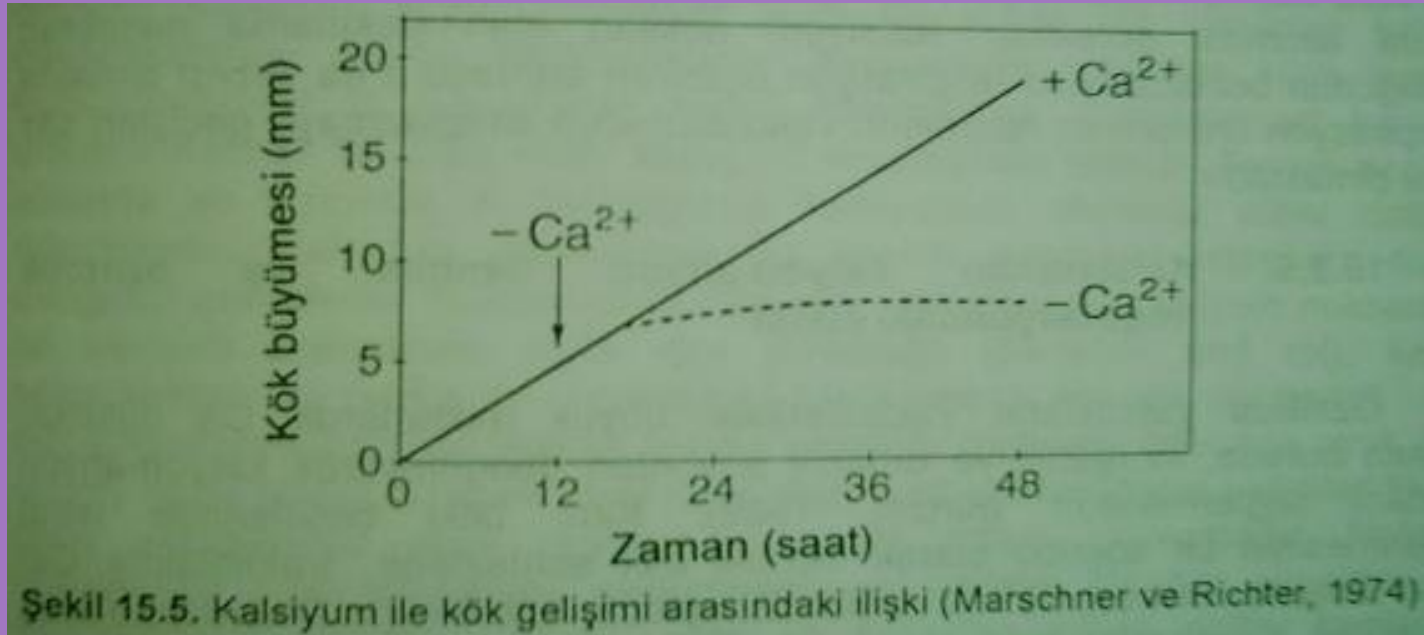
- Poligalakturonozlar pektatları parçalar

Işık ve yeterli Ca ► pektat miktarını artırır

Yeterli pektat;

- poligalakturonozlara dayanıklılığı artırır
- mantari ve bakteriyel infeksiyonlara karşı korur
- meyvelerin olgunlaşmasını etkiler

Kalsiyumun hücre büyümesi ve salgısı proseslerine etkisi



- Diğer katyonların olumsuz etkisini **dengeler**
- Hücreler dirençli olur
- Oksinler hücre büyümesi ve Ca taşınımını etkiler
- Yetersizliğinde hücre bölünmesi **durur** kök gelişimi **durur**
- Polen tüplerinin gelişimi de Ca ile ilişkilidir
- Kök başlığından müsilaj salgılanmasını Ca etkiler

Kalsiyumun membran stabilitesindeki rolü

Kalsiyumun;

- fosfolipidlerin karboksilat grupları
- proteinler ve
- fosfat arasında köprü görevi membranlara **stabilite kazandırır**

• **Membran stabilitesi düşük olan hücrelerden;**
küçük molekül ağırlıklı bileşiklerin hücre dışına geçişi kolaylaşır

Böylece bitkilerin;

- **olumsuz toprak ve çevre şartlarına**
(tuzluluk, ağır metal toksisitesi, düşük sıcaklık vb.) **dirençleri azalır**

Ca diğer katyonlar ile (Na^+ , K^+ ve H^+) yer değiştirirse **membran stabilitesi bozulur**

Kalsiyumun katyon-anyon dengesi ve ozmotik regülasyondaki etkisi

- Ca vakuolde anyonlara (inorg + org) bağlanarak katyon-anyon dengesini sağlar
- Kimi bitkilerde NO_3 indirgenmesinin bir sonucu olarak okzalik asit sentezlenir
- Ca-okzalat ozmotik basıncı artırmadan vakuollerde tuz akümülayonu sağlar
- Stomaların kapanmasında ABA etkisi yaprak epidermisindeki Ca' a da bağlıdır

Kalsiyum Noksanlığı

Toprakta **yeterince** bulunur

Gübreleme pratiğinde **yer almaz**

Noksanlığına **sık rastlanmaz**

Noksanlığın önemli sebepleri;

- düzensiz sulama
 - dengesiz gübreleme (N, K, Mg vb ANTAGONİZMİ)
 - yüksek nisbi nem gibi faktörlerdir
-
- **Kritik konsantrasyon % 0.8**

Önemli Ca eksikliği belirtileri;

- domateste çiçek dibi çürüklüğü (**blossom end rot**)
- kereviz, şekerpançarı ve turpta öz çürüklüğü (**black heart**)
- elmada acı benek (**bitter pit**)
- marul ve lahanada yaprak kenarı yanıklığı (**tipburn**)
- havuçda oyuk gövde (**cavity spot**)

Kalsiyum noksanlığına ait belirtiler

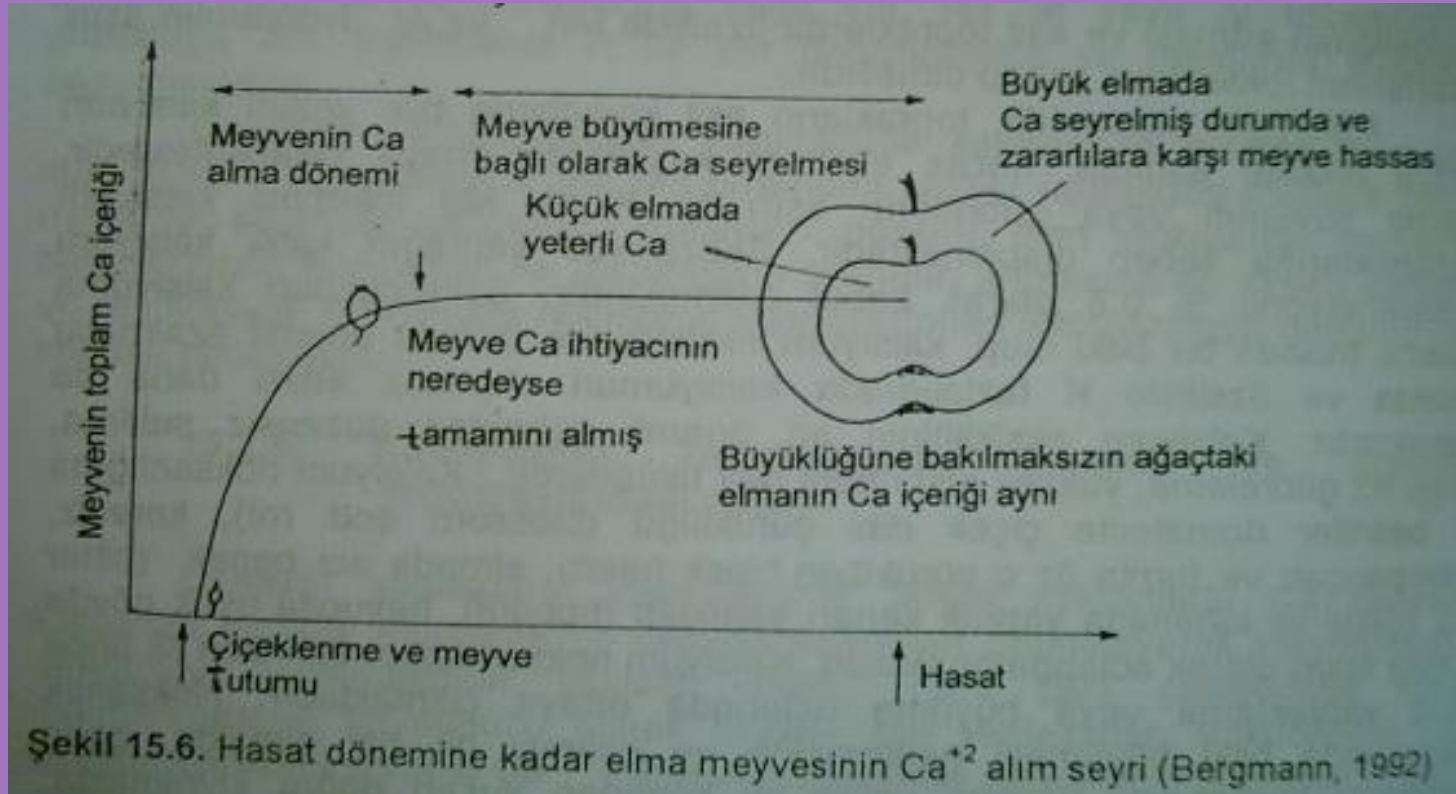
- ilk önce **genç yapraklarda** veya **büyüme uçlarında** görülür
- büyüme geriler ve çalimsı bir hal alır
- genç yapraklar küçülür, **yaprak uçları** ve **kenarları yukarı doğru kıvrılır**
- yaprak kenarlarında klorozlu benekler ve nekrotik lekeler belirir

Ca noksanlığı nedeniyle **yaprak kenarı yanıklığı (tip burn)** na yol açan faktörler;

- Aşırı N' lu, özellikle NH_4 ' lu gübreleme
- Toprakta aşırı tuzluluk
- Bor ve K fazlalığı
- Yüksek sıcaklık ve nisbi nem
- Düzensiz sulama ve uzun süreli kurak periyotlar
- Drenajın kötü olmasına bağlı olarak toprağın ıslak olması
- Bitkilerin hızlı büyümesi

Acı benek (Bitter pit);

- bitkinin yetersiz kalsiyum almasına sebep olan faktörler ile
- K/Ca, K+Mg/Ca veya N/Ca oranının yüksek olması yol açar
- K+Mg/Ca oranının $> 20-25$,
- N/Ca oranının $> 10-14$ den yüksek olması acı benek oluşturur
- Elma meyvesinin Ca konsantrasyonu $< \% 0.025$ (kuru ağırlık) ise acı benek görülür
- Acı benek belirtilerinde genel olarak **yaprakların Ca içeriği bir kriter değildir**



Acı benek oluşumunu önlemek için;

- % 0.65-0.80' lik kalsiyum nitrat veya
- % 0.50' lik kalsiyum klorürün bir kaç defa yapraktan **meyvelere** de isabet edecek şekilde uygulanması etkili olur

Kalsiyum Fazlalığı

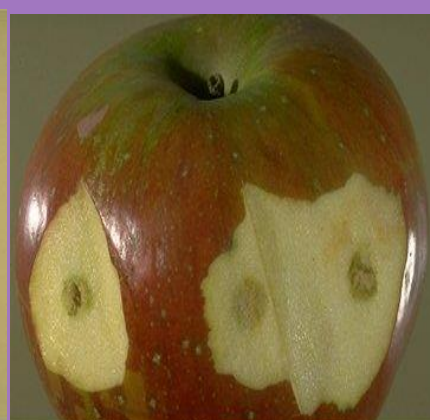
- Kalsiyum fazlalığına pratikte **rastlanmaz**
- Ca kaynaklarının Cl^- veya SO_4^{-2} iyonları zararlı olabilir
- Ca fazlalığı B, Fe, Mn, Zn ve Cu' ın alımını azaltarak **kloroza** sebep olur



Symptoms of cork spot on Golden Delicious apple fruit.



Symptoms of cork spot on Melrose apple fruit.



When peel is removed, corky tissue can be observed under the spot.





