

BİTKİLERDE KALSİYUM BESLENMESİNİN BİTKİ HASTALIKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

A. Turgut KÖSEOĞLU

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Antalya.

Özet: Mineral topraklar genellikle bitkiye yarayışlı kalsiyum (Ca) içerikleri bakımından zengin oldukları için, bitkilerde Ca noksanlığı belirtileri nadiren görülmektedir. Ancak, bitki hücrelerinde bulunduğu yerler bakımından, bazı önemli yapısal işlevlere sahip olan Ca, parazitik hastalıkların ortaya çıkışı ve şiddeti üzerinde etkili olmaktadır. Kalsiyum noksanlığı durumunda bazı meyve ve sebzelerde fizyolojik bozukluklar ortaya çıkmakta, ve ayrıca depolanan ürünlerin dokularındaki düşük Ca içeriği onları, normal Ca içeriğine sahip olanlara göre fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerine karşı daha duyarlı hale getirmektedir. Bu durum özellikle elma ve patates gibi sulu yapıya ve düşük Ca içeriğine sahip etli meyveler için önemlidir.

Influence of Calcium Nutrition on the Plant Diseases

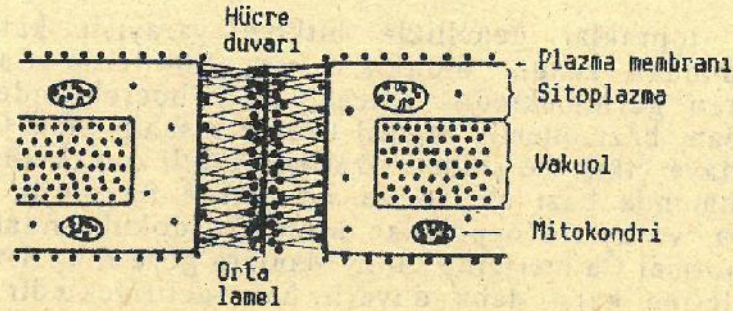
Abstract: Calcium deficiency symptoms in the plants are rarely seen due to high available Ca content of the mineral soils. Due to its structural functions in the plant cells, Ca has an effect on the appearance and incidence of the parasitic diseases. In the case of Ca deficiency, some fruits and vegetables show physiological disorders, and furthermore, plant tissues low in Ca are also more susceptible than tissues with normal Ca levels to the fungal and bacterial pathogens during storage. This is of particular concern in the case of fleshy fruits with their typically low Ca content such as apple and potato.

Giriş

Bitkiler için mutlak gerekli bir besin elementi olan Ca, bitki tarafından Ca^{2+} iyonları halinde alınmaktadır. Kalsiyum bitki dokularında Ca^{2+} iyonları halinde; difüze olmayan iyonlara bağlı halde; okzalit, karbonat, fosfat tuzları halinde ve tohumlarda ise fitik asit tuzları halinde bulunmaktadır (1). Ayrıca Ca, bitki hücrelerinde plazma membranlarının dış yüzeyinde ve hücre duvarlarını birleştiren orta lamellerde oldukça yüksek konsantrasyonlarda yer almaktadır (Şekil 1). Plazma membranlarının dış yüzeyinde tutulan Ca^{2+} iyonları, membranların geçirgenliklerini düzenleyen yapısal bir rol oynamaktadır. Orta lamellerde ise Ca'un, poligalakturonik asitlerin (pektinler) $R\cdot COO^-$ grupları ile birleşmesi sonucunda oluşturulan Ca-pektatlar halinde bulunmaktadır. Kalsiyum-pektatlar hücre duvarlarının birbirine sıkıca bağlanmasını sağlayarak, hücre duvarlarına stabilite kazandırlar (2).

Mineral toprakların pek çoğu Ca bakımından zengin oldukları için, bitkilerde mutlak bir Ca noksanlığına ilişkin belirtiler nadiren ortaya çıkmaktadır. Topraktan alındıktan sonra bitkilerin ksilem iletim dokularında transpirasyon akımı doğrultusunda taşınan ve floem iletim dokusunda ise pratik olarak taşınmadığı kabul edilen Ca'un, meyve ve

depo organlarına doğru taşınmasında ortaya çıkan azalmalar daha sık olarak Ca noksanlığına neden olmaktadır. Bu nedenle ksilem sıvısında Ca^{2+} iyonu konsantrasyonunun düşük olması halinde veya meyve yüzeyinden yapılan transpirasyon azaldığında, meyvelere ulaşan Ca miktarı yetersiz kalmakta ve noksanlık belirtileri ortaya çıkmaktadır. Örneğin elmada acı benek hastalığı, domates, biber ve karpuzda görülen çiçek burnu çürüklüğü gibi fizyolojik bozukluklar Ca noksanlığı sonucunda oluşmaktadır (3).



Şekil 1. İki komşu hücrede Ca^{2+} iyonları (•) dağılımının şematik gösterimi (2).

Kalsiyumun, bitki hücrelerinde bulunduğu yerler bakımından, üstlenmiş olduğu yapısal işlevler nedeniyle, parazitik hastalıkların ortaya çıkışını ve şiddetini de etkilediği yapılan çalışmalar ile saptanmıştır. Bu makalede bitkilerin Ca beslenmesi ile bitkilerde ortaya çıkan ve önemli ürün kayıplarına neden olan fungal ve bakteriyel hastalıklar arasındaki ilişkiler tartışılmıştır.

Bitki Dokularının Kalsiyum İçerikleri İle Bitki Hastalıkları Arasındaki İlişkiler

Bitki dokularının Ca içeriği, bulunduğu yerler ile ilişkili olarak, parazitik hastalıkların çıkışını ve şiddetini iki farklı şekilde etkilemektedir;

① Plazma membranlarının dış yüzeyinde tutulan Ca miktarı azaldığında membranların geçirgenlik mekanizmasının bozulması nedeniyle, şekerler gibi düşük molekül ağırlıklı organik bileşiklerin sitoplazmadan hücreler arası boşluklara (apoplasta) çıkışı artmaktadır. Bu durum, özellikle hücreler arası boşluklarda yayılarak hastalıklara neden olan parazitlerin beslenmeleri için uygun koşullar yaratmaktadır.

② Kalsiyum noksanlığı durumunda orta lamellerdeki Ca-pektat içeriği azalacağından, hücre duvarlarının stabilitesi bozulmakta ve bu nedenle hücreler, parazitik fungusların ve bakterilerin salgıladığı poligalakturonas gibi pektolitik enzimlere karşı dayanıksız hale gelmektedir. Böylece bu parazitler salgıladıkları enzimler ile orta lameli kolaylıkla ayrıştırarak bitki dokularını işgal ederler ve onun içinde yayılırlar. Ayrıca bu enzimlerin aktivitesi Ca tarafından önemli oranda azaltılmaktadır. Bu nedenle bu gibi patojenlerin yol açtığı bitki hastalıklarında konukçunun duyarlılığı dokunun Ca içeriği ile ters orantılı olarak değişmektedir (2).

Bitkilerde Ca beslenmesinin fungal ve bakteriyel hastalıklar üzerindeki etkilerini konu alan araştırmaların sonuçları aşağıda farklı b6l6mler halinde ele alınarak 6zetlenmiştir.

1. Kalsiyum ve Fungal Hastalıklar

K6lt6r bitkilerinin Ca beslenmesi ile fungal hastalıklara duyarlılıkları arasındaki ilişkiler değişik 7alışmalar ile araştırılmıştır. 6rneğin su k6lt6r6 denemesi olarak y6r6t6len bir 7alışmada (4), marul bitkisinde *Botrytis cinerea* etmeni nedeniyle ortaya 7ıkan fungal hastalığın Şiddeti ile K, Ca ve Mg beslenmesi arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu 7alışmada, besin 76zeltisinde yer alan K^+ , Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyonlarının toplam konsantrasyonu sabit tutulurken, yalnızca K^+/Ca^{2+} oranı değiştirilmiştir. Bu oranın beslenme ortamındaki artışı ile, bitkilerin K i7eriğinde bir artış, Ca i7eriğinde ise buna uyan bir azalma belirlenmiş ve Tablo 1'de g6r6ld6đ6 gibi hastalık Şiddeti bu değişime paralel olarak artmıştır.

Tablo 1. Marulda katyon i7eriği ile *Botrytis cinerea* etmeninin neden olduğu hastalık Şiddeti arasındaki ilişki (4).

Katyon i7eriği (mg/g kuru md.)			<i>Botrytis</i> infeksiyonu ①
K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
14.4	10.6	3.2	4
23.8	5.4	4.1	7
34.2	2.2	4.7	13
48.9	1.8	4.2	15

① İnfeksiyon Şiddeti: 0-5 hafif, 6-10 orta derece, 11-15 Şiddetli

Bu denemeye ek olarak yapılan denemelerde, bitkinin Ca i7eriğinin y6ksek bir seviyede tutulması halinde, arttırılan K i7eriğinin mutlaka hastalık Őiddetinde bir artışa yol a7madığı da belirlenmiştir.

Asit karakterli tropikal toprakların 7oğunda, soya fasulyesi yetiştiriciliğinde "7ift g6vdelilik" Őeklinde beliren bir anomali g6r6lmektedir. Bu bitkilerde apikal meristem nekroze olmakta ve bitkiler aynı zamanda *Sclerotium* spp. tarafından ağır bir Şekilde hastalandırılmaktadır. Kalsiyum g6brelemesi yapılarak hem "7ift g6vdelilik" ve hem de fungal infeksiyon bastırılmaktadır. Burada, apikal dominansinin kaybolması (7ift g6vdelilik) ve apikal meristemin nekroze olması Őeklinde ortaya 7ıkan anomalinin Ca noksanlığı ile ilgili olması, fungal infeksiyonun ise sekonder bir belirti olması olasılığı y6ksektir (5).

Parazitik fungusların bazıları tercihan ksilem demetlerine yerleşirler ve buradaki h6crelerin 7eperlerini ayırırırılar. Sonu7ta demetler tıkanır ve zamanla solgunluk belirtileri ortaya 7ıkar (6rneğin *Fusarium* solgunluğu). Bu fungusların gelişme ve aktiviteleri ksilem sıvısının Ca i7eriği ile yakından ilişkilidir. 6rnek olarak domates bitkisinde g6r6len *Fusarium* solgunluğu ile ksilem sıvısının Ca konsantrasyonu arasındaki ilişkinin araştırıldığı denemenin sonuçları Tablo 2'de verilmiştir (6). Bu 7alışmada domates bitkileri infeksiyondan 6nce y6ksek ve 6niform dozda Ca i7eren 76zeltide yetiştirilmişler ve sonra *Fusarium oxysporium* ile inokule edilip farklı Ca seviyelerine sahip 76zeltilere nakledilmişlerdir. Tablo 2'de ksilem

sıvısının Ca içeriğinin *Fusarium* solgunluğunu kontrol ettiği açık bir şekilde görülmektedir. Domates bitkilerinin sap dokularının Ca içeriği ile hastalık indeksi ve patojenin konukçu dokudaki gelişimi arasında ise bir ilişki bulunamamıştır.

Tablo 2. Yetiştirme ortamındaki Ca konsantrasyonu ve domates bitkilerinin ksilem sıvılarındaki Ca içeriği ile *Fusarium* solgunluğu arasındaki ilişki (6).

Ortamın Ca konsantrasyonu (mg/l)	Ksilem sıvısının Ca içeriği (mg/l)	Hastalık indeksi ①
0	73	1.00
50	219	0.92
200	380	0.80
1000	1081	0.09

① 0: sağlıklı bitkiler, 1: şiddetli hasta bitkiler

Depolanmış ürünlerin dokularındaki Ca içeriğinin azlığı onları, normal Ca içeriğine sahip olanlara göre parazitik hastalıklara karşı daha duyarlı hale getirmektedir. Bu durum, sulu yapıya ve düşük Ca içeriğine sahip etli meyveler için önemli bir sorundur. Bu meyveler depolandıklarında hem fizyolojik bozukluklara ve hem de çürüklük yapan funguslara karşı yüksek bir duyarlılık göstermektedir. Örneğin depoda 3°C'da 3 ay süre ile tutulan Cox orange çeşidi elmaların Ca içeriği ile *Gloesporium perennans* infeksiyonu sonucunda oluşan çürüklük oranı arasında negatif bir ilişki bulunduğu saptanmıştır (7). Bu ilişkiye göre, meyveler 3 mg/100 g taze ağırlık düzeyinde Ca içerdiklerinde çürüklük yaklaşık olarak %90 oranında iken, Ca konsantrasyonu 5.5 mg/100 g taze ağırlık düzeyine çıktığında çürüklük oranı yaklaşık %10 düzeyine kadar azalmıştır. Bu nedenle sözkonusu arazların önlenmesinde, ürünlerin depolanmadan önce Ca ile muamele edilmesi, her iki faktörün de kontrol altına alınmasını sağlayan etkili bir yöntem olarak önerilmektedir.

2. Kalsiyum ve Bakteriyel Hastalıklar

Fungal hastalıklarda olduğu gibi, bakterilerin de konukçu dokusu içinde yayılmaları poligalakturonas ve diğer pektolitik enzimler sayesinde kolaylaşır. Bakterilerin salgılamış olduğu bu enzimler tarafından hücreler arasındaki orta lamellerin tahrip edilmesi, infeksiyonun bitkide yayılması bakımından önemlidir. Bitki dokularının yapılarındaki bozulmalar, Yumuşak Çürüklük hastalığı belirtilerinin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Orta lamellerin yapısal bozulmalarına pektin bileşiklerindeki yüksek Ca içeriği engel olmaktadır.

Fasulye bitkisinde *Erwinia carotovora* etmeninin yol açtığı Yumuşak Çürüklük hastalığının şiddeti ile bitki dokularının Ca içeriği ve pektolitik enzim aktivitesi arasındaki ilişkilerin araştırıldığı çalışmanın sonuçları Tablo 3'de verilmiştir (8). Tablo 3'de, pektolitik enzim aktivitesinin dokunun Ca içeriği ile ters orantılı olarak değiştiği ve hastalık

şiddetindeki değişimin de, Ca'un dayanıklılıktaki rolünü açıkça ortaya koyduğu görülmektedir.

Tablo 3. *Erwinia carotovora*'nın fasulye bitkilerinde yol açtığı Yumuşak Çürüklük hastalığında dokunun Ca içeriği ile pektolitik enzim aktivitesi arasındaki ilişki (8).

Ca içeriği (mg/g K.A)	Pektolitik enzim aktivitesi (oransal)				Hastalık şiddeti①
	Polygalacturonase		Pectât transeeliminase		
	Kontrol	İnokule	Kontrol	İnokule	
6.8	0	62	0	7.2	4
16.0	0	48	0	4.5	4
34.0	0	21	0	0	0

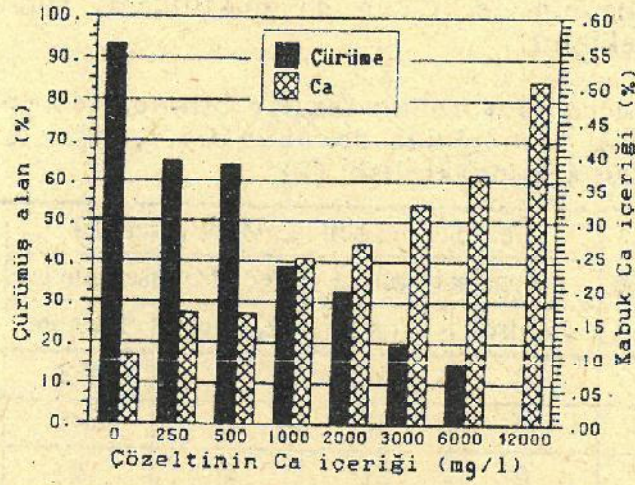
① 6: Bitkinin 6 gün içinde tamamen ölmesi, 0: Belirti yok

Fasulye bitkisinden başka, tütün ve domates bitkilerinde de, yüksek Ca uygulamalarının *Erwinia* türlerinin yol açtığı Bakteriyel Yumuşak Çürüklüğe karşı dayanıklılığı arttırdığı değişik araştırmalar ile saptanmıştır (9).

Ayrıca patates bitkisi yumrularının Ca içeriğinin, *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica* etmeninin yol açtığı Bakteriyel Yumuşak Çürüklük hastalığı şiddeti üzerine etkili olduğu saptanmıştır (10). Artan dozlarda Ca gübrelemesi yapıldığında patates yumrusu kabuklarının Ca içeriği artmakta ve bu artışa bağlı olarak *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica* etmeninin neden olduğu, yumru yüzeyindeki çürümüş alan oranı azalmaktadır. Örneğin Ca gübrelemesi yapılmadığında yumru yüzeyindeki çürümüş alan %85.5 oranında iken, yüksek dozda Ca uygulandığında bu oran %48.5'e düştüğü belirlenmiştir. Diğer bir deyişle, yumru kabuklarının Ca içeriği ile çürüklük oranı arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır ($r = -0.917$).

Patates yumrularında depolama koşullarında *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica* nedeniyle ortaya çıkan çürüklük, yumruların depolanmadan önce Ca içeren çözeltilerle muamele edilmesi ile de önlenmektedir. Patates yumruları depoya yerleştirilmeden önce değişik konsantrasyonlarda Ca içeren çözeltilerle basınç altında (100 mm Hg) muamele edilerek yürütülen araştırmanın sonuçları Şekil 2'de görülmektedir. Anılan şekilden de görülebileceği gibi, Ca ile muamele edilmemiş yumrulara depoda 60 saat sonunda %93 oranında çürüklük meydana gelirken, 6000 mg/l Ca içeren çözelti ile muamele edilen yumrulara çürüklük oranı %15'e düşmüştür. Kalsiyum konsantrasyonu 12000 mg/l düzeyine çıkarıldığında ise yumrulara çürüme görülmemiştir. Yine bu araştırmada da yumru kabuklarının Ca içeriği ile çürüme oranı arasında negatif bir ilişki saptanmıştır ($r = -0.981$).

Erwinia carotovora ssp. *atroseptica* etmeninin neden olduğu Bakteriyel Yumuşak Çürüklük üzerine Ca^{2+} 'dan başka Na^+ , K^+ , Mg^{2+} ve Sr^{2+} iyonlarının da etkileri araştırılmıştır. Çürüklüğü önleme bakımından monovalent katyonlardan Na^+ ve K^+ 'un çok az, divalent katyonlardan Mg^{2+} ve Sr^{2+} 'un daha fazla, Ca^{2+} 'un ise en yüksek etkiye sahip olduğu saptanmıştır.



Şekil 2. Patates yumrularının Ca içeren çözeltiler ile muamele edilmesinin *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica* çürüklüğü üzerine etkisi ve yumru kabuğu Ca içeriği ile çürüklük oranı arasındaki ilişki (10).

Sonuç

Bitki hücrelerinde plazma membranlarının dış yüzeyinde tutulan Ca^{2+} iyonları, membranların geçirgenliklerini düzenleyerek, ve ayrıca pektinler ile oluşturdukları Ca-pektat bileşikleri sayesinde ise hücre duvarlarına stabilite kazandırarak, fungal ve bakteriyel hastalıkların ortaya çıkışı ve şiddeti üzerinde etkili olmaktadır. Kalsiyum noksanlığı durumunda plazma membranlarının geçirgenliği artarak, şekerler gibi düşük molekül ağırlığına sahip organik bileşiklerin hücreler arası boşluklara geçmesi sağlanmakta ve bu alanlarda yayılarak hastalıklara yol açan parazitlerin beslenmeleri için uygun koşullar yaratılmaktadır. Ayrıca hücre duvarlarının orta lamellerinde Ca-pektat konsantrasyonu azalacağı için, hücre duvarlarının stabilitesi bozulmakta ve parazitik etmenlerin salgıladığı pektolitik enzimlere karşı dayanıksız hale gelerek, bu enzimler tarafından ayrıştırılması sonucunda hastalık etmenlerinin bitki dokularını işgal etmesi ve yayılması kolaylaşmaktadır.

Kalsiyum, bitki tarafından alındıktan sonra ksilem iletim dokularında transpirasyon akımı doğrultusunda taşındığı için, değişik nedenlerle ksilem sıvısının Ca içeriği azaldığında veya meyvelerin yüzeyinden yapılan transpirasyon engellendiğinde, meyvelere ve depo organlarına ulaşan Ca miktarı azalacağından, Ca noksanlığına ilişkin belirtiler görülebilmektedir. Kalsiyum noksanlığı nedeniyle meyve ve sebzelerde bazı fizyolojik bozukluklar ortaya çıkmakta ve bu ürünler fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerine karşı daha duyarlı hale gelmektedir. Bu durum, elma ve patates gibi sulu yapıya ve düşük Ca içeriğine sahip depolanan ürünler için önemli bir sorundur. Depolanan ürünlerde hastalık etmenleri nedeniyle ortaya çıkan çürümelere karşı, ürünlerin depolanmadan önce Ca ile muamele edilmesi etkili bir yöntem olarak önerilebilmektedir.

Kaynaklar

1. Aktaş, M., Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları, No:1361, Ankara, 1984.
2. Marschner, H., Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Inc. Ltd., London, 1986.
3. Mengel, K. and Kirkby, E.A., Principles of Plant Nutrition. 4th ed. International Potash Institute, Bern, Switzerland, 1987.
4. Krauss, A., Einfluss der Ernährung des salats mit massennährstoffen auf den Befall mit *Botrytis cinerea* Pers. Z. Pfl. Ernähr. Bodenkunde 128, 1, 12-23, 1971.
5. Mukhovej, R.M.C. and Mukhovej, J.J., Calcium suppression of *Sclerotium*-induced twin stem abnormality of soybean. Soil Sci. 134, 181-184, 1982.
6. Corden, M.E., Influence of calcium nutrition on Fusarium wilt of tomato and polygalacturonase activity. Phytopathology 55, 222-224, 1965.
7. Sharpless, R.O. and Johnson, D.S., The influence of calcium on senescence changes in apple. Ann. Appl. Biol. 85, 450-453, 1977.
8. Platero, M. and Tajerina, G., Calcium nutrition in *Phaseolus vulgaris* in relation to its resistance to *Erwinia carotavora*. Phytopathol. Z. 85, 314-319, 1976.
9. Grossmann, F., Outlines of host-parasite interactions in bacterial disease in relation to plant nutrition. In: "Fertilizer Use and Plant Health", pp.221-224, Proc. 12th Coll. Int. Potash Inst., Bern, Switzerland, 1976.
10. Kelman, A., McGuire, R.G. and Tzeng, K.C., Reducing the severity of bacterial soft rot by increasing the concentration of calcium in potato tubers. In: "Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro-and Microelements", Edited by A. W. Engelhard, pp. 102-123. Am. Phytopathol. Soc., APS Press, Minnesota, USA, 1993.