



## Çiçek Burnu Çürüklüğü ve Oluşum Nedenleri

<sup>1</sup>Aişe DELİBORAN

<sup>2</sup>Erdal SAKİN

<sup>1</sup>Elif Didem SAKİN

<sup>1</sup>GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa

<sup>2</sup>Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa

### ÖZET

Çiçek burnu çürüklüğü meyve uç kısmına yeteri kadar  $Ca^{+2}$  elementinin ulaşamamasıyla ortaya çıkan ve başlangıçta meyve uç kısımlarında kahverengi lekeler şeklinde daha sonra da genişleyerek, çürümeler şeklinde belirlenen, ileri aşamasında tüm meyveyi kaplayan fizyolojik bir zararlanmadır. Çiçek burnu çürüklüğü Solanacea familyası sebzeleri içerisinde en fazla domates ve biber türlerinde antesisten-den yaklaşık 2 hafta sonra meyve gelişim aşamasında ortaya çıkan, kalite ve verim kayıplarına dolayısıyla finansal kayıplara neden olan fizyolojik bir problemdir. Yetiştiricilik yapılan alanların tuzlanması, topraktaki besin elementlerinin durumu ve etkileşimi, kuraklık, yüksek veya düşük nem, yüksek ışık ve sıcaklık gibi olumsuz çevre şartları da bu hastalığın gelişmesine neden olmaktadır. Örneğin çiçek burnu çürüklüğünün toplam ve pazarlanabilir meyve verimini %23 ve %37 oranında azalttığı bilinmektedir.

### GİRİŞ

Çiçek burnu çürüklüğü meyve uç kısmına yeteri kadar  $Ca^{+2}$  elementinin ulaşamamasıyla ortaya çıkan ve başlangıçta meyve uç kısımlarında kahverengi lekeler şeklinde daha sonra da genişleyerek, çürümeler şeklinde belirlenen, ileri aşamasında tüm meyveyi kaplayan fizyolojik bir zararlanmadır.

Çiçek burnu çürüklüğü ilk olarak yüzeyin altında ve meyve ucuna yakın bölgede görülmekte, çürüyen doku sulu ve koyu yeşil renk almakta, başlangıcından yaklaşık bir hafta sonra tüm meyveyi kaplamakta, sonunda büzülme ve doku çökmesi sonucu sert, kalın nekrozlar oluşmakta, renk kahverenginden siyaha dönüşmektedir. Ayrıca çiçek burnu çürüklüğü meyve dışındaki oluşumu ile birlikte dış dokuların etkisiyle meyvenin iç kısımlarında da oluşmakta ve tüm meyveyi kaplayarak çürümeye neden olmaktadır (Willumsen ve ark., 1996; Adams ve Ho, 1992; Petersen ve Willumson, 1992; Spurr, 1959).

**Şekil 1. Domates meyvelerinde çiçek burnu çürüklüğü**



Çiçek burnu çürüklüğünün dış semptomları epidermis ve subepidermal parankima hücrelerinde oluşmakta (Suzuki ve ark., 2003; Spurr, 1959) ve meyve uç kısmındaki nekrotik dokular renksiz sulu bir yapıda görünmektedir (Maynard ve ark., 1957). Genç tohumun çevresindeki parankima dokusu ve presentata kısmında nekrotik bölge geliştiği zaman iç çiçek burnu çürüklüğü oluşmaktadır (Estabrooks ve Tiessan, 1972; Adams ve Ho, 1992). İç çiçek burnu çürüklüğü hastalığın ilk formu yada dış çiçek burnu çürüklüğü gelişimindeki erken safha olarak düşünülmektedir. Her ikisinde de hücre ölümü sonucu hücresel yüzeydeki hücre içeriklerinin sızması ile oluştuğu varsayılmakta ve gerçek finansal kayıplar meydana gelmektedir (Suzuki ve ark., 2003).

Çiçek burnu çürüklüğü meyve tutumu döneminin başlangıç aşamasında anthesisten sonra 12 ve 15 güne kadarki dönemde gerçekleşmekte (Manishi ve ark., 1996; Monselise ve ark., 1978) ve bu dönem meyve hücre gelişiminin başlangıcı olarak tanımlanmaktadır (Cho ve ark., 1998; Wada ve ark., 1996; Wui ve Takano, 1995b; Sonneveld ve Voogt, 1991; Adams ve El-Ginawy, 1988; El Gizawy ve Adams, 1986; Banuelos ve ark., 1985; Guttridge ve Bradfield, 1983; Borke, 1968; Westerhout, 1962; Spurr, 1959). Buna rağmen çiçek burnu çürüklüğü meyvenin herhangi bir gelişme döneminde de ortaya çıkabilmektedir (Barker ve Reay, 1994; Cerne, 1990; Chiu ve Bould, 1976; Maynard ve ark., 1957).

Çiçek burnu çürüklüğü Solenacea familyası sebzeleri içerisinde en fazla domates ve biber türlerinde antesisten yaklaşık 2 hafta sonra meyve gelişim aşamasında ortaya çıkan, kalite ve verim kayıplarına dolayısıyla finansal kayıplara neden olan fizyolojik bir problemdir. Örneğin çiçek burnu çürüklüğü görülen domatesler diğer meyvelere göre erken olgunlaşmakta, genellikle sağlıklı meyveden küçük kalmakta ve pazar değeri taşımamaktadır (Dekock ve ark., 1979). Bitkide serbest ve bağlı kalsiyum arasındaki ilişki meyvelerin olgunlaşması bakımından önem taşımaktadır.  $Ca^{2+}$  iyonlarının meyvede ve depo organlarında düşük düzeylerde bulunması, olgunlaşmayı hızlandırmaktadır. Bitkilere Ca verilmesinin meyvenin olgunlaşmasını geriletlediği, Ca eksikliğinin ise olgunlaşmayı teşvik ettiği bilinmektedir (Faust ve Shear, 1969). Ancak Ca eksikliği olgunlaşmayı teşvik ettiği kadar çiçek burnu çürüklüğüne neden olmakta, dolayısıyla çiçek burnu çürüklüğü görülen meyve hem erken olgunlaşmakta hem de sağlıklı meyveden küçük kalmakta, meyvede meydana gelen çürümeden dolayı pazar değerini kaybetmektedir (Barker ve Reay, 1994; Cerne, 1990; Chiu ve Bould, 1976; Maynard ve ark., 1957). Çiçek burnu çürüklüğü nedeniyle toplam ve pazarlanabilir meyve verimi %23 ve % 37 oranında azalmaktadır (Rubio ve ark., 2009).

## OLUŞUM NEDENLERİ

Çiçek burnu çürüklüğünün oluşum nedenlerini anlamak için birçok araştırma yapılmış ve oluşum semptomları son yılın bilimsel literatürlerinde sık sık tanımlanmıştır (Suare, 2001; Spurr, 1959; Brooks, 1914). Çiçek burnu çürüklüğü yetiştirme koşullarından biriyle örneğin düşük Ca düzeyi ile (Adams 2002; Paiua ve ark., 1998; De Kreij, 1996; Franco ve ark., 1994; Adams ve Ginowy, 1988; Word, 1973), düşük P kaynağı (De Kreij, 1996; Ho 1998a), yüksek Mg (Hao ve Papadopoulos, 2003; 2004), yüksek N (özellikle  $NH_4$ ) (Nukaya ve ark., 1995; Barker ve Reay, 1994), yüksek K (Adams, 2002), yüksek tuzluluk (Dorais ve ark., 2001; Del Amor ve ark., 2001; Cuartero ve Fernandez-Munoz, 1999; Willumson ve ark., 1996; Adams ve Ho, 1992; Adams, 1991), kuraklık (Shoykewich ve ark., 1971; Van Der Boon, 1973) yada kök bölgesindeki suyun yetersizliği (Tochibana, 1988) ve düşük nem (De Kreij, 1996) yada yüksek ışık ve sıcaklık gibi konularla ilgilidir. Bu koşullar bitki gelişimini engellemekte hatta duraklatmaktadır. Çiçek burnu çürüklüğü bitki gelişimi ile ilgisiz gibi görünse de meyve gelişim oranıyla, meyve büyüklüğü ile ilgilidir ve gelişimde belirgin bir genetiksel etkileşim söz konusudur (Cuartero ve Fernandez munoz, 1999; Sperry ve ark., 1996; Ho ve ark., 1995). Çiçek burnu çürüklüğü meyve gelişim yani oluşum döneminin ikinci haftasında, meyvedeki Ca konsantrasyonunun en düşük düzeyde olduğu dönemde meydana gelmektedir (Adams ve El Gizawy, 1988; Spurr, 1959).

Çalışmaların çoğunluğunda çiçek burnu çürüklüğünün ana nedeni olarak meyve uç dokularında lokal Ca noksanlığı belirlenmiştir (Adams ve Ho, 1992; Bradfield ve Guttridge, 1984; Word, 1973; Lyon ve ark., 1942). Bu nedenle çiçek burnu çürüklüğü daha çok Ca ile ilgili fizyolojik bir hastalık olarak düşünülmektedir (Kinet ve Peet, 1997; Bangerh, 1979; Shear, 1975). Fakat modern seralardaki domates üretiminde çiçek burnu çürüklüğü oluşumunun Ca yetersizliğinden çok, bitkiye yeterince sağlanan Ca'un hızla büyüyen meyve uç noktasına taşınmasında meydana gelen sorunlara ve özellikle meyve uç noktasında Ca'a duyulan talebin artışından kaynaklandığı bilinmektedir (Ho, 1998b).

Bitkilerin meyve ve depo organlarına kalsiyum akışında ortaya çıkan azalmalar kalsiyum noksanlığına bağlı problemler oluşturmaktadır. Bitki dokularına Ca iyonları transpirasyona bağlı olarak ksilem borularında oluşan aşağıdan yukarı doğru su hareketi ile taşınmaktadır. Ksilem suyunda Ca iyonları düşük ise veya meyveden terleme (transpirasyon) düşük ise meyvelere ulaşan Ca iyonları düşük kalmakta ve semptomlar görülmektedir. Yüksek oranda amonyum azotu ile beslenme, toprakta su yetersizliği ve yüksek tuz konsantrasyonu ksilem suyundaki Ca miktarını azaltmaktadır. Bu nedenle bu faktörler meyvenin çürümesine neden olmaktadır (Aktaş ve Ateş, 2005; Li ve ark., 2001).

Örneğin domates meyvelerinde hızlı hücre gelişmesinin erken safhalarında çiçek burnu çürüklüğüne karşı gösterilen hassasiyet artmaktadır. Bu proses kalsiyumun bu hastalık üzerindeki bir çok kritik rolünü incelemek ve Ca konsantrasyonunun meyvedeki azalışını gözlemlemek için oldukça uygundur (Ehret ve Ho, 1986a; Cho ve ark., 1997). Kalsiyum gelişen meyve hücrelerine ksilem aracılığıyla gönderilmekte, meyve gelişimi esnasında ksilem yoğunluğu azalmakta ve çiçek burnu çürüklüğü görülen meyvede hasta uca doğru ksilemin daraldığı görülmekte ve bu nedenle kalsiyum nok-

sanlığının oluştuğu anlaşılmaktadır (Belda ve ark., 1996; Ho ve ark., 1993; Belda ve Ho, 1993).

Yapılan çalışmalar çiçek burnu çürüklüğü oluşumunun bu hastalığa hassasiyetle de ilgili olduğunu göstermektedir. Örneğin erik domatesler çiçek burnu çürüklüğüne yuvarak domatesten daha hassastır ve kiraz domatesinde hiç görülmemektedir (Ho., 1998a) Bu olay çiçek burnu çürüklüğüne hassas türlerde, yetiştirme koşullarına karşılık meyvenin uç kısmına ksilem ile Ca taşınması ve yapraktaki besinlerin floemle aşınımıyla ilgilidir. Yapılan araştırmalar gerçekte özellikle anthesisden sonra çiçek burnu çürüklüğüne hassas türlere ait meyvelerin daha az Ca konsantrasyonuna sahip olduğunu göstermektedir. (Franco ve ark., 1994; Willumsen ve ark., 1996). Çiçek burnu çürüklüğü hassas türlerin meyvelerinde ksilem ağının azalması sonucu meydana gelmektedir (Belda ve ark.,1996). Çiçek burnu çürüklüğünün aşırı oluşumu etilen üretiminin başlamasıyla gelişmenin durması ve erken olgunlaşma ile de ilgilidir (Barker ve Ready, 1994).

Meyvede Ca dağılımındaki azalmayı ve düzensizliği kök tarafından Ca alımındaki azalma ile açıklama doğru bir düşünce olarak karşımıza çıkmamaktadır. Çünkü Ca noksanlığı simptomu bitkinin diğer bölümlerinde görülmemekte, bu da yukarıdaki düşüncenin doğru olduğunu göstermektedir. Yapılan bazı çalışmalarda yüksek e.c.'nin Ca birikimi, taşınması ve çiçek burnu çürüklüğü oluşumuyla olumsuz bir etkiye sahip olduğu, bu etkinin ancak kök sistemine düzensiz e.c.'ye sahip çözültü uygulamaları ile ortadan kalkabileceği açıkça ifade edilmektedir. Özellikle yüksek e.c. uygulamaları ile çiçek burnu çürüklüğüne sahip meyve oranının arttığı, sadece su veya düşük EC'li solüsyon verildiğinde çiçek burnu çürüklüğü oranının %80 azaldığı görülmektedir (Tabatabaie ve ark., 2004).

Çiçek burnu çürüklüğü sera ve açık alan domates yetiştiriciliği için büyük bir problem oluşturmaktadır. Özellikle Na veya diğer elementlerin neden olduğu yüksek elektriksel kondaktivite sonucu oluşan osmotik stresle (Ho, 1989; Ho ve Adams, 1989) ve suyun kök bölgesinde oluşturduğu sınırlama etkisiyle oluşmaktadır. Ayrıca tuzluluk gibi kök bölgesindeki kuraklık da çiçek burnu çürüklüğünü arttırmaktadır (Pill ve Lambert, 1980). Üretim alanlarında sürekli olarak aynı ürünü yetiştirme alışkanlığı (monokültür), aşırı gübreleme ve yüksek sıcaklıktan kaynaklanan hızlı buharlaşma ve kalitesiz sulama suyu kullanımı gibi etmenler tuzluluğun artışına neden olmaktadır. Yetiştirme alanlarındaki tuzluluk  $Na^+$  ve  $Cl^-$  gibi spesifik iyonlar bakımından zengin olmakta, bu durumda diğer besin elementleri ile antagonist bir etki oluşturmaktadır. Bu olumsuz şartlar kalsiyumun meyveye taşınmasını veya çeşitli enzimlerin aktivasyonlarını olumsuz yönde etkileyerek, çiçek burnu çürüklüğünün ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

Osmotik stres altında köklerin Ca alımı azalmakta ve meyvenin ucundan merkeze doğru Ca dağılımı azaldığı için bölgesel Ca noksanlığı görülmekte (Ho ve ark., 1995), bu olay bitkinin su alımını sınırlayan bir faktör olarak karşımıza çıkmakta ve su alımı ile birlikte Ca alımı da azalmaktadır (Brad-Field ve Guttridge., 1984). Ayrıca domates de tuzluluk ve kuraklıktan dolayı ksilemde taşınan Ca transferi sınırlanmakta, su ve osmotik stres dolaylı olarak bu olayı etkilemekte, Ca alımını ve taşınmasını etkileyen yüksek e.c giderildiği takdirde çiçek burnu çürüklüğü azalmaktadır (Ho ve ark., 1993). Domates de özellikle verimin ve kuru madde ağırlığının artırılması için yüksek e.c'nin kontrol altına alın-

ması gerekmektedir (Chretien ve ark., 2000; Cornish., 1992; Adams, 1991; Adams ve Ho., 1989).

Pratikte çiçek burnu çürüklüğü meyveye doğru Ca taşınımındaki artışla (Li ve ark., 2001) veya Ca uygulamalarıyla engellenebilmektedir (Schmitz-Eiberger ve ark., 2002; Ho, 1998a; Wada ve ark., 1996; Wilcox ve ark., 1973). Bitkide ve meyve dokularında Ca yetersizliğiyle oluşan çiçek burnu çürüklüğünü bu organların Ca durumunu belirleyerek önceden tahmin etmek ve engellemek mümkün olmamaktadır (Suare, 2001).

Son yıllarda çiçek burnu çürüklüğü oluşumunda Ca'un önemli role sahip olduğu konusunda bazı itirazlar gerçekleşmiştir. Çiçek burnu çürüklüğü olan meyve dokularında kritik Ca düzeyinin belirlenemediği (Nonami ve ark., 1995), çiçek burnu çürüklüğünün bitki beslenmesinde Ca'dan daha çok diğer besin maddelerinin konsantrasyonlarındaki değişimlerle oluşabileceği (Nukaya ve ark., 1995) ve çeşitli çevresel streslerle ortaya çıkan çiçek burnu çürüklüğünde kalsiyumun rolü ile ilgili kanıtların tam olarak sonuçlanmadığı önemli itirazlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Ho ve White, 2005).

Çiçek burnu çürüklüğü kritik Ca konsantrasyonunun belirlenememesinin nedenleri olarak; a- belirli hücre fonksiyonları ile ilgili bölümlerde Ca'un daha çok total Ca olarak (Ca-oxalate ve Ca-pectate) ölçülmesi (Minamide ve Ho, 1993), b- Ca'un hücre fonksiyonlarına uygun hücresel düzeyinden çok tüm meyve veya meyve ucu dokularından ölçülmesi (Schmitz-Eiberger ve ark., 2002; Suzuki ve ark., 2003) yer almaktadır.

Bitki beslenmesinde Ca'dan çok diğer besin elementlerinin konsantrasyonlarındaki değişimlerle çiçek burnu çürüklüğü oluşumu; bitki içinde Ca'un taşınmasında meydana gelen aksaklıklar, kökler tarafından  $Ca^{2+}$  alımının etkilenmesi veya hücre biokimyası üzerine olumsuz etkileri sonucu ile yorumlanabilmektedir (Geraldson, 1957; Willumsen ve ark., 1996).

Sıcaklık, hormon ve oxidantlar gibi stres faktörleri nedeniyle çiçek burnu çürüklüğü oluşumu ister istemez Ca bağlanması dışında tutulmamıştır. Çünkü Cytosolic  $Ca^{2+}$ deki ( $Ca^{2+}$  cyt) değişimler stres faktörlerine karşı gösterilen hücresel tepkimelerde önemli bir role sahiptirler (White ve Broadley, 2003). Bu olaylar nedeniyle çiçek burnu çürüklüğü oluşumu hücresel bir olay olarak düşünülmektedir.

Oksin ve giberellin gibi hormonların meyve hücrelerinde genişlemeyi uyardığı bilinmektedir (Gillaspy ve ark., 1993). ( $Ca^{2+}$  Cyt'deki spesifik değişimler bu hormonların etkisiyle başlamaktadır. Bu uyarılar iç hücresel veya dış hücresel bölümlerden cytosol'e Ca akışıyla oluşmaktadır (White ve Broadley, 2003). Böylece Ca hücre gelişiminin başlangıcında rol oynamakta ve lokal Ca eksikliği ( $Ca^{2+}$  cyt 'nin uyarılması sonucu meydana gelmektedir).

Hücre genişlemesi aktif çözültülerin birikimi ve hücre duvarının yumuşaması nedeniyle turgor basıncının gelişmesine bağlıdır (Nobel, 1999). Selüloz mikrofibrilleri hücre duvarının temel yapısını şekillendirmiş olmasına rağmen hücre duvarının esnemezliği  $Ca^{2+}$  ile pektin arasında oluşan çapraz bağlardan kaynaklanmaktadır (Carpita ve Mccann 2000).

Kaynak: Suzuki ve ark (2003)

**Şekil 1.** Normal meyvenin erken gelişim evresinde perikarpın ışık mikroskopundaki şekli

Bar: 100\_μm

**Şekil 2-4.** Normal meyvelerde erken gelişim evresinde perikarp hücrelerinin Transmisyon elektron mikroskop (TEMs) altındaki görüntüsü. Kalsiyum birikimi; CL, Kutikular tabaka; CW, hücre duvarı; M, mitokondri; N, çekirdek; P, plastidler; TE, tracheary element; V, vakul Bar: 1\_μm

**Şekil 5.** Normal meyvede hızlı gelişim evresinde meyvenin perikarp LM'si.

Bar: 100\_μm

**Şekil 6-8.** Normal meyvede hızlı gelişim evresinde perikarp hücrelerinin TEM'i.

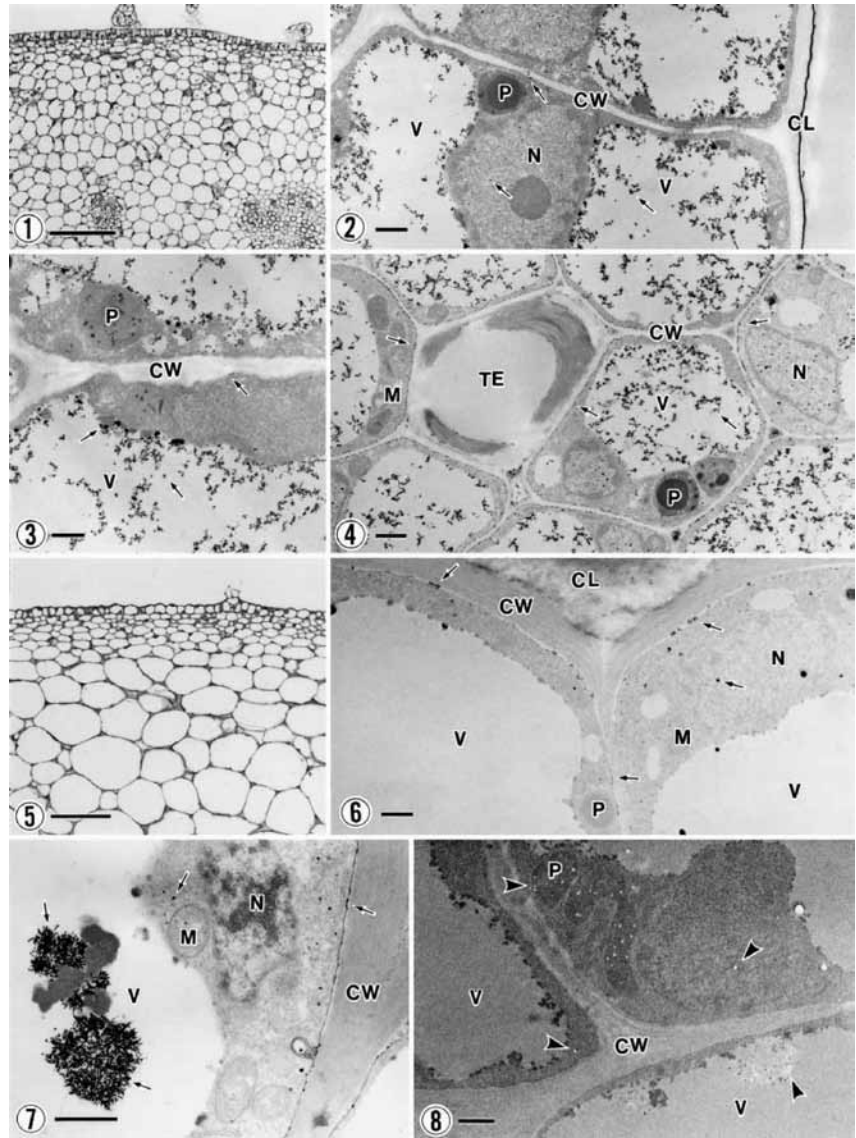
Bars: 1\_μm

Ca düzenli hücre gelişmesinde önemli bir role sahiptir ve yetersiz  $Ca^{2+}$  konsantrasyonu hücrenin aşırı büyümesi sonucu oluşmaktadır. Bu yüzden çiçek burnu çürüklüğü meyvenin nekrotik bölgesindeki hücrelerin hasta formunda duvara sahip olduğu anlaşılmakta (Suzuki ve ark., 2003) ve çiçek burnu çürüklüğünün Ca noksanlığındaki artışla birlikte görüldüğü (Gerard ve Higg, 1968; Paiva ve ark., 1998) dikkati çekmektedir.

Sonuç olarak yüzyıllardır yapılan araştırmalara rağmen çiçek burnu çürüklüğü nedeninin tam anlaşılmadığı bilinmektedir. Meyvelerin Ca içeriği ve gelişimini etkileyen dış faktörlerin içinde olduğu mekanizma ile Ca noksanlığı ve çiçek burnu çürüklüğü arasındaki ilişki çeşitleri açık bir şekilde belirlenmemiştir (Adams ve Ho, 1995). Domatesin çiçek burnu çürüklüğü dahil birçok fizyolojik hastalığı için kesin çevre şartları veya uygulanacak işlemler konusu henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Fizyolojik düzeyde anlaşılan bazı proseslere rağmen nedenleri ve kontrol önlemleri pratik düzeyde belirlenmemiştir (Suare, 2001; Kinet ve Peet, 1997).

#### Kaynaklar

- Adams, P., 1991. Effect of increasing salinity of the nutrient solution with major nutrient or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomato grown in rockwool. *J. Hort. Sci.* 66, 201-207.
- Adams, P., 2002. Nutritional control in hydroponics. In: Savvas D, Pasam H, eds. *Hydroponics*.



nic production of vegetables and ornamentals. Athens, Greece: Embryo Publications, 211-261.

- Adams, P., El-Gizawy, A. M., 1988. Effect of calcium stress on the calcium status of tomatoes grown in NFT. *Acta Horticulturae* 222: 15-22.
- Adams, P., and Ho, L. C., 1989. Effect of constant and fluctuation salinity on the yield, quality, and calcium status of tomato. *J. Hort. Sci.* 64, 725-735.
- Adams, P., Ho, L.C., 1992. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. *J. Hort. Sci.* 67, 827-839.
- Adams, P., Ho, L. C., 1995. Uptake and distribution of nutrients in relation to tomato fruit quality. *Acta Hort.* 412: 374-387.
- Aktaş, M., 1995. Bitki besleme ve toprak verimliliği. A.Ü. Ziraat Fakültesi yayınları No: 1429 Ders kitabı: 416.
- Aktaş, M., Ateş, M., 2005. Bitkilerde beslenme bozuklukları, nedenleri ve tanınmaları

- Banuelos, G.S., Offermann, G.P., Seim, E.C., 1985. High relative humidity promotes blossom-end rot on growing tomato fruit. *HortScience* 20: 894-895.
- Bangerth, F., 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. *Annu Rev Phytopathol* 17: 97-122
- Barker, A.V., Ready, K.M., 1994. Ethylene evolution by tomatoes stressed by ammonium nutrition. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119: 706-710.
- Belda, R.M., Fenlon, J.S., Ho, L.C., 1996. Salinity effects on the xylem vessels in tomato fruit among cultivars with different susceptibilities to blossom-end rot. *Journal of Horticultural Science* 71:173-179.
- Belda, R.M., Ho, L.C., 1993. Salinity effects on the network of vascular bundles during tomato fruit development. *J. Hort. Sci.* 68, 557-564.
- Barke, R.E., 1968. Absorption and translocation of calcium foliar sprays in relation to the incidence of blossom-end rot in tomatoes.

- Queensland J. Agric. Anim. Sci. 25: 179-197
- Bradfield, E.G., Guttridge, C.G., 1984. Effects of high humidity and nutrient solution concentration on the Ca content of tomato fruit. *Scientia Hort.* 22, 207-217.
- Brooks C 1914. Blossom-end rot of tomatoes. *Phytopathology* 4:345-374.
- Carpita N, McCann M, 2000. The cell wall. In: Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL, eds. *Biochemistry and molecular biology of plants*. Rockville, USA: American Society of Plant Physiologists, 52-108.
- Cerne, M., 1990. different kinds and levels of nitrogen nutrition in tomatoes. *Acta Hort.* 277:179-182.
- Chiu, T.F., Bould, C., 1976. Effects of shortage of calcium and other cations on 45 Ca mobility, growth and nutritional disorders of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* L.). *J. Sci. Food Agric.* 27: 969-977.
- Cho I-H, Woo Y-H, Lee E-H, Kim H-J. 1997. Changes in cuticular transpiration and calcium content of tomato fruits and prevention of blossom-end rot through environmental control. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* 38: 98-102.
- Chretien S, Gosselin A and Dorais M 2000 High EC and radiation based water management improve fruit quality of greenhouse tomatoes grown in rockwool. *J. HortiSci.* 35, 239-298.
- Cho I-H, Lee E-H, Kim T-Y, Woo Y-H, Kwon Y.S., 1998. Effects of high humidity on occurrence of tomato blossom-end rot. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 39: 247-249.
- Cuartero J, Fernandez-Munoz, R. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78:83-125.
- Cornish P S 1992 Use of high electrical conductivity of nutrient solution to improve the quality of salad tomatoes grown in hydroponic culture. *Aust. J. Exp. Agric.* 32, 513-520.
- De Kreij C., 1996. Interactive effects of air humidity, calcium and phosphate on blossom-end rot, leaf deformation. Production and nutrient contents of tomato. *Journal of Plant Nutrition* 19:361-377
- Dekock, P.C., Hall, A., Inkson, R.H.E., Robertson, R.A., 1979. Blossom-end rot in tomatoes. *J. Sci. Food Agric.* 30: 508-514.
- Dorais M, Papadopoulos AP, Gosselin A. 2001. Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie* 21: 367-383.
- El-Gizawy, A. M., Adams, P., 1986. Effect of temporary calcium stress on the calcium status of tomato fruit and leaves. *Acta Horti.* 178:37-43.
- Ehret D L and Ho L C 1986a Translocation of calcium in relation to tomato fruit growth. *Ann. Bot.* 58, 679-688.
- Estabrooks DN, Tiessen H. 1972. Blossom-end rot and black seeds of tomatoes. *Canadian Journal of Plant Science* 52: 1076-1077.
- Franco JA, Banon S, Madrid R. 1994. Effects of a protein hydrolysate applied by fertigation on the effectiveness of calcium as a corrector of blossom-end rot in tomato cultivated under saline conditions. *Science and Biotechnology* 74: 430-435.
- Geraldson CM. 1957. Factors affecting calcium nutrition of celery, tomato and pepper. *Soil Science Society Proceedings* 21:621-625.
- Gerard CJ, Hipp BW, 1968. Blossom-end rot of 'Chico' and 'Chico Grande' tomatoes. *Proceedings of American Society for Horticultural Science* 93:521-531.
- Gillaspay G, Ben-David H, Gruissem W. 1993. Fruits: a developmental perspective. *Plant Cell* 5. 1439-1451.
- Guttridge, C.G., Bradfield, E.G., 1983. Root pressure stops blossom-end rot. *Grower* 100 (6), 25-26.
- Hao X, Papadopoulos AP. 2003. Effects of calcium and magnesium on growth, fruit yield and quality in a fall greenhouse tomato crop grown on rockwool.
- Hao X, Papadopoulos AP. 2004. Effects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning and fruit yield of winter greenhouse tomato. *HortScience* 39:512-515.
- Ho LC, 1989. Environmental effects on the diurnal accumulation of <sup>45</sup>Ca young fruit and leaves of tomato plants. *Annals of Botany* 63: 281-288.
- Ho LC. 1998a. To quantify environmental and physiological factors controlling calcium uptake, transport and utilization on yield and quality of tomato and sweet peppers in glasshouses. Final report on MAFF Project HH1309SPC.
- Ho LC 1998b. Improving tomato fruit quality by cultivation. In: Cockshull KE, Gray D, Seymour GB, Thomas B, eds. *Genetic and environmental manipulation of horticultural crops*. Wallingford, UK: CAB International, 17-29.
- Ho L C and Adams P 1989 Effects of diurnal changes in the salinity of the nutrient solution on the accumulation of calcium by tomato fruit. *Ann. Bot.* 64, 373-382.
- Ho, L.C., Belda, R., Brown, M., Andrews, J., Adams, P., 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. *J. Exp. Bot.* 44, 509-518.
- Ho L C, Adams P, Li X Z, Shen H, Andrews J and Xu Z H 1995 Responses of Ca-efficient and Ca-inefficient tomato cultivars to salinity in plant growth, calcium accumulation, and blossom-end rot. *J. Hort. Sci.* 70, 909-918.
- Ho, L.C., White, P.J., 2005. A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. *Annals of Botany*. 95: 571-581.
- Kinet Jm, Peet MM. 1997. Tomato. In: Wien H. Ed. *The physiology of vegetable crops*. Wallingford UK: CAB International, 207-258.
- Li YL, Stanghellini C, Challa H. 2001. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Scientia Horticulturae* 88:11-29.
- Lyon CB, Beeson KC, Barrentine M. 1942. Macro-element nutrition of the tomato plant as correlated with fruit fullness and occurrence of blossom-end rot. *Botanical Gazette* 103: 651-667.
- Manishi K, Fukumoto, Y, Yoshida, T., 1996. Effects of application of compost on growth and quality of tomatoes under water stress due to root-zone restriction. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 67: 257-264.
- Maynard DN, Barham WS, McCombs CL. 1957. The effect of calcium nutrition of tomatoes as related to the incidence and severity of blossom-end rot. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 69: 318-322.
- Minamide RT, Ho LC (1993) Deposition of calcium compounds in tomato fruit in relation to calcium transport. *J Horticult Sci* 68: 755-762
- Monselise, S.P., Varga, A., Bruinsma, J., 1978. Growth analysis of the tomato fruit *Lycopersicon esculentum*. *Mill. Ann. Bot.* 42:12145-12147.
- Nobel PS. 1999. *Physicochemical and environmental plant physiology*, 2<sup>nd</sup> edn. London: Acedmeic Press.
- Nonami H, Fukuyama T, Yamamoto M, Yang L, Hashimoto Y (1995) Blossom-end rot of tomato plants may not be directly caused by calcium deficiency. *Acta Horti* 396: 107-114
- Nukaya A, Goto K, Jang H, Kano A, Ohkawa K. 1995. Effect of NH<sub>4</sub>-N level in the nutrient solution on the incidence of blossom-end rot and gold specks on tomato fruit grown in rockwool. *Acta Horticulturae* 401: 381-388.
- Paiva EAS, Martinez HEP, Casali VWD, Padilha L. 1998. Occurrence of blossom-end rot in tomato as a function of calcium dose in the nutrient solution and air relative humidity. *Journal of Plant Nutrition* 21: 2663-2670.
- Petersen KK, Willumsen J (1992) Effects of root zone warming and season on blossom-end rot and chemical composition of tomato fruit. *Tidsskr Planteavl* 96: 489-498.
- Pill W H and Lambeth V N 1980 Effects of soil water regime and nitrogen form on blossom-end rot, yield, water relations, and elemental composition of tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105, 730-734.
- Rubio, J.S., F. Garcí'a-Sánchez, F. Rubio, V. Martí'nez., 2009. Yield, blossom-end rot and calcium content of tomato fruit grown in rockwool.

- som-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup> fertilization. *Scientia Horticulturae*, 119:79-87
- Schmitz-Eiberger M, Haefs R, Noga G. 2002. Calcium deficiency influence on the antioxidative defense system in tomato plants. *Journal of Plant Physiology* 159: 733-742.
- Shear CB. 1975. Calcium-related disorders of fruit and vegetables. *HortScience* 10: 361-365.
- Shaykewich C F, Tamaguchi Mand Campbell J D 1971 Nutrition and blossom end rot of tomatoes as influenced by soil water regime. *Can. J. Plant Sci.* 51, 505-511.
- Suarez 2001 Saure, M.C., 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) – a calcium- or a stress-related disorder? *Sci. Hortic.* 90, 193-208.
- Suzuki K, Shono M, Egawa Y. 2003. Localization of calcium in the pericarp cells of tomato fruits during the development of blossom-end rot. *Protoplasma* 222: 149-156.
- Sonneveld C and Voogt W 1990 Response of tomato to an unequal distribution of nutrient in the environment. *Plant Soil.* 124, 251-256.
- Sperry WJ, Davis JM, Sanders DC, 1996. Soil moisture and cultivar influence cracking, blossom-end rot, zippers and yield of staked fresh-market tomatoes. *HortTechnology* 6:21-23.
- Spurr AR (1959) Anatomical aspects of blossom-end rot in the tomato with special reference to calcium nutrition. *Hilgardia* 28: 269-295
- Tabatabaei, S.J., Gregory, P.J., Hadley, P., 2004. Distribution of nutrients in the root zone affects yield. Quality and blossom-end rot of tomato fruits. *J. Hort. Sci. Biotech.* 79: 158-163.
- Tachibana S. 1988. The influence of withholding oxygen supply to roots by day and night on the blossom-end rot of tomatoes in water culture. *Soilless Culture* 4:41-50.
- Van Der Boon J.1973. Influence of K/Ca ratio and drought on physiological disorders in tomato. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 21:56-67.
- Wada T, Ikeda H, Ikeda M, Furukawa H.1996. Effects of foliar application of calcium solutions on the incidence of blossom-end rot of tomato fruit. *Journal of The Japanese Society for Horticultural Science* 65: 553-558.
- Westerhout, J., 1962. Relation of fruit development to the incidence of blossom-end rot of tomatoes. *Neth. J. Agric. Sci.* 10: 223-234.
- White PJ, Broadley MR.2003. Calcium in plants. *Annals of Botany* 92: 487-511.
- Wilcox GE, Hoff JE, Jones CM.1973. Ammonium reduction of calcium and magnesium content of tomato and sweet corn leaf tissue and influence on incidence of blossom-end rot o tomato fruit. *Journal of The American Society for Horticultural Science* 98: 86-89.
- Willumsen J, PetersenKK, Kaack K. 1996. Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. *Journal of Horticultural Science* 71:81-98.
- Wui ve Takano 1995b; Wui M, Takano T (1995) Effect of temperature and concentration of nutrient solution during the stage of the fruit development on the incidence of blossom-end rot in fruits of tomato, *Lycopersicon esculentum*
- Ward GM, 1973. Causes of blossom-end rot of tomatoes based on tissue analysis. *Can J Plant Sci* 53:169-174.