

M. Kamil MERİÇ¹
Gölgem B. ÖZTEKİN²

¹ Dr., E.Ü. Bergama Meslek Yüksekokulu,
Seracılık Programı, Bergama, İzmir.
m.kamil.meric@ege.edu.tr

² Araş. Gör., E.Ü. Ziraat Fakültesi, Bahçe
Bitkileri Bölümü, Bornova, İzmir.
golgen.oztekin@ege.edu.tr

Topraksız Tarımda Kapılar Sistemler

Subirrigation in soilless culture

Alınış (Received): 25.02.2008 Kabul tarihi (Accepted): 27.05.2008

Anahtar Sözcükler:

Topraksız tarım, kapılar sistemler,
kapalı sistem

Key Words:

Soilless culture, subirrigation,
closed system

ÖZET

Toprağın bitkisel üretime uygun olmadığı yerlerde bitki yetiştiriciliğine olanak sağlayan, bitki gelişimi ve ürün kalitesini kontrol altında tutulabilen bir yetiştiricilik şekli olan topraksız tarım, toprak dezenfeksiyonu gereğini ortadan kaldırması nedeniyle de metil bromit kullanımının alternatifini olarak seracılıkta hızla yaygınlaşmaktadır. Suyun kısıtlı bir kaynak haline gelmeye başladığı günümüzde, topraksız tarım su ve gübre kullanım etkinliğini artırması nedeniyle giderek daha da ön plana çıkmaktadır. Kapılar sistemler, basit bir topraksız tarım şekli olup, besin eriyiğinin bitki kök bölgesine alttan uygulandığı, ortam içinde kapilarite ile yükseldiği ve herhangi bir atık çözeltinin oluşmadığı sistemlerdir. Suyun tüketimi zaman ve miktar açısından doğrudan bitki tarafından belirlenmektedir. Sistem herhangi bir atık çözelti oluşturmadığı için su ve gübre tasarrufu sağlanmakta ve kapalı bir sistem olarak çevre korumada da önemli rol oynamaktadır. Bu makalede kapılar sistemlerin çalışma prensibi verilmiş, avantajları ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

ABSTRACT

Soilless culture is a rapidly developing and expanding plant growth technique where soil is not suitable for plant production. It is a good alternative to methyl bromide. With this method, it is also possible to control plant growth and product quality and eliminate soil disinfection. Besides, because of the increasing importance of effective use of water and fertilizers due to water scarcity and environmental issues, soilless culture is becoming more popular nowadays. Subirrigation, where water is applied from bottom of the plant root zone and risen with capillary forces through substrate profile and caused no-runoff (zero runoff) is one of the promising applications of soilless culture. Water consumption is controlling directly by plant both as time and as quantity. Since it is a closed system, water and fertilizer efficiency can be achieved together with environmental protection.

GİRİŞ

Günümüzde örtüaltı yetiştiriciliği seralardaki ve alçak plastik tüneller altındaki tarımsal üretimi kapsamaktadır ve 2004 yılı itibarı ile toplam örtüaltı alanımız 47773.1 ha'dır. Bu alanın %35.7'si (17054.5 ha) alçak plastik tünel, %64.3'ü (30718.8 ha) ise sera alanlarından oluşmaktadır (DİE, 2004).

Seracılık birim alandan yüksek verim alınmasını sağlayan ve böylelikle küçük arazilerin bile en karlı biçimde değerlendirilmesini mümkün kılan bir üretim şeklidir. Ülkemiz seralarında üretim çoğunlukla ısıtma yapmadan, mevcut iklim koşullarından olabildiğince yararlanılarak, oldukça basit yapılar altında yürütülmekte ve halen

geleneksel şekilde toprakta yapılmaktadır. Ayrıca seralarda yetiştirilen türlerin ekonomik önemleri nedeni ile rotasyon yapılmamakta ve üreticiler ardi ardına aynı türleri yetiştirmektedirler (Tüzel, 2004). Seralarda uygulanan monokültür; toprak kaynaklı hastalık ve zararlıların artışına ve toprak yorgunluğuna neden olarak, verim ve kalite azalmaları gibi üretimi kısıtlayan çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmak için; fazla miktarda organik madde kullanılabilir, sera toprağı yaz aylarında yıkanıp işlenebilir, sürülme tabanı kırılabilir ya da gerektiğinde toprak değıştirme yapılabilirse de, bu işlemlerin etkinliğı ve yapılma zorluğu yeni yöntemler arama zorunluluğunu gündeme getirmiştir (Gül ve ark., 1998). Yeni yöntemler içinde uygulanabilir en etkin yollardan biri olan toprak dezenfeksiyonunda ise buharla dezenfeksiyonun maliyetinin yüksek olması, kimyasal dezenfeksiyonda ise kullanılan en yaygın dezenfektan olan metil bromit (MeBr)'in Montreal Protokolü çerçevesinde 2005 yılı sonuna kadar gelişmiş ülkelerde kullanımının yasaklanmış, gelişmekte olan ülkelerde 2015'de, ülkemizde ise 2007 yılı sonu itibariyle yasaklanmış olması nedeniyle alternatif uygulamalar aranmaya başlanmıştır. Seralarda monokültür uygulamaları sonucu, toprak patojenlerindeki artışa karşı, kimyasal dezenfeksiyonun kullanılmadığı durumlarda diğeri bir alternatif uygulama da toprak-sız tarımdır (Gül ve ark., 1998; Van Os ve ark., 2000; Tüzel ve Özçelik, 2004). Nitekim bu sorunların giderilmesinde etkinliğinin anlaşılmasıyla ülkemizde de toprak-sız tarım alanları 2002 - 2006 yılları arasında 60 ha'dan 153.5 ha'a yükselerek 2.56 kat artmıştır (Birol Öncel, sözlü görüşme).

Genel bir tanımlama ile toprak-sız tarım, her türlü tarımsal üretimin durgun veya akan besin eriyiklerinde, besin sisinde veya besin eriyiğı ile beslenmiş katı ortamlarda gerçekleştirilmesidir (Sevgican, 1999). Bu açıdan bakıldığında toprak-sız tarım, su kültürü (hidroponik) ve ortam kültürü (substrat kültürü) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Su kültüründe bitkiler besin eriyiğı içinde yetiştirilirken (Winsor ve Schwarz, 1990; Resh, 1991; Burrage, 1999); ortam kültüründe bitki kökleri organik, inorganik veya sentetik ortamlar içindedir (Schwarz, 1995; Sevgican, 1999). Her iki yetiştirme tekniğinde de bitkilerin

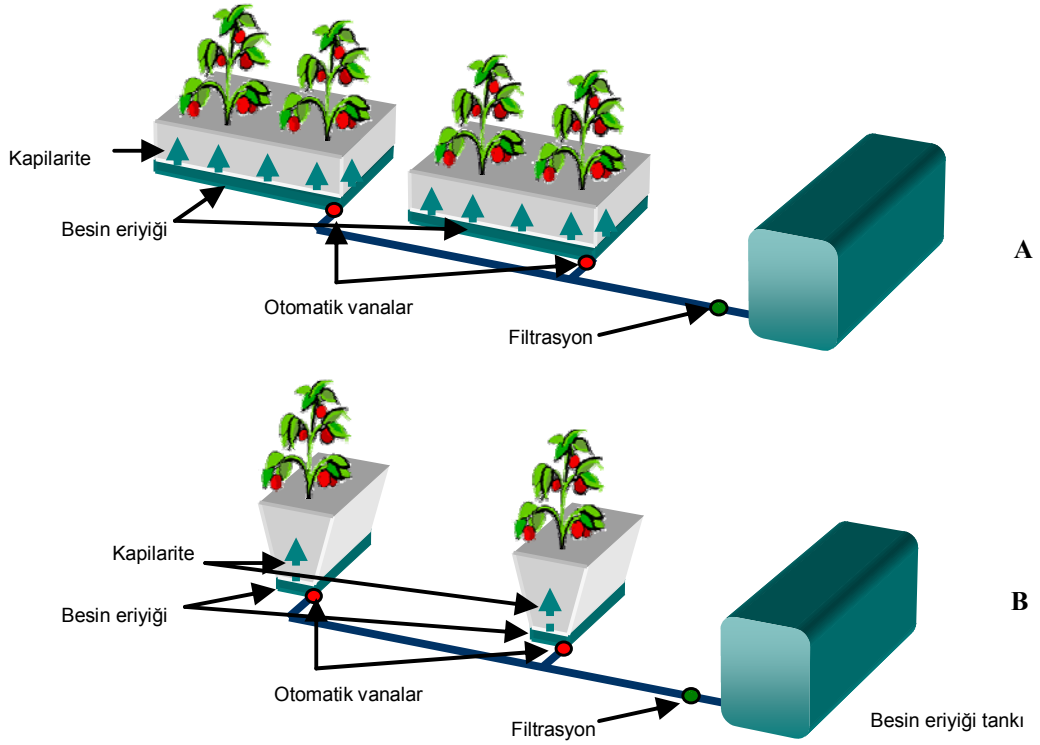
besin maddesi ve su gereksinimleri, gelişmeleri için gerekli tüm elementleri içeren besin eriyikleri kullanılarak karşılanmaktadır (Jensen, 1997; Sevgican, 1999; Maloupa, 2002).

Topraksız tarımda besin eriyiğinin yönetimi ise açık ve kapalı sistemler olmak üzere iki farklı şekilde yapılmaktadır. Açık sistemde, besin eriyiğı tek yönlü kullanılarak bitki kök bölgesine uygulandıktan sonra drene olan eriyik sistemden uzaklaştırılarak dışarı atılmakta; kapalı sistemde ise besin eriyiğı kök bölgesine uygulandıktan sonra drene olan eriyik toplanıp kontrol edilerek bitki kök bölgesine tekrar (resirkülasyon) uygulanmaktadır (Winsor ve Schwarz, 1990; Resh, 1991).

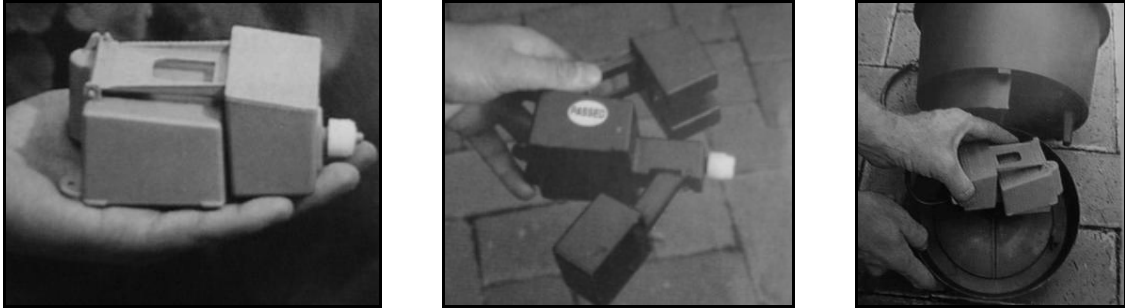
Açık sistemler uygulama kolaylığı sağlamakla birlikte, en büyük dezavantajı; su ve besin elementlerinin dışarı atılması sonucunda, su kullanım randımanını düşürmesi ve yüzey ve yeraltı sularını kirletmesidir (Van Os, 1999; Gül ve ark., 2001). Nitekim açık sistemde sonbahar ve ilkbahar yetiştiriciliğinde 1 ha sera alanından ortalama olarak sırasıyla 1027 ve 1081 m³ (Meriç, 2006), 1 yıllık üretimden ise 5 ton gübre içeren 2000 m³ besin solüsyonunun sera dışına atıldığı, bunun da toprak ve taban suyu kirliliğine neden olduğu bildirilmektedir (Benoit ve Ceustermans, 1995). Bu da toprak ve taban suyu kirliliğine neden olmaktadır. Kapalı sistemlere geçişle birlikte, yüzey ve yeraltı sularının kimyasallarla kirlenmesi azaltılabilmekte, geleneksel açık sistem yetiştiriciliğine göre su ve gübre tasarrufu sağlanmaktadır. Kapalı sistemlerde başlıca dezavantajlar ise besin eriyiğinin resirkülasyonu sırasında patojenlerin yayılma riski ve besin elementleri miktarlarında oluşabilecek dengesizliktir (Schröder ve Lieth, 2002).

Besin solüsyonunun sistemde yeniden dolaştırılması nedeni ile kapalı sistemler patojenlerin bütün sistemde hızla yayılma riskini taşıdığından dezenfeksiyon gerektirmektedir. Besin solüsyonunun dezenfeksiyonunda bakterilere, mantarlara ve virüslere karşı etkili olabilen aktif (ısı uygulaması, ozon uygulaması, ultraviyole (UV) radyasyon uygulaması, membran filtrasyonu, aktif hidrojen peroksit (H₂O₂), iyotlama) ve pasif dezenfeksiyon yöntemleri (yavaş kum filtrasyonu) kullanılmaktadır (Öztekin ve ark., 2003).

Kapılar sistemler; kapalı sistemler içinde, bitkilerin birbirinden bağımsız saksı ya da



Şekil 1. Kapilar sistemlerin saksı tipine göre (a - yatay saksılar, b - dikey saksılar) şematik görünüşü (Economics Project – Standart Operation Practices (SOP)).



Şekil 2. Saksı tabanına yerleştirilmiş şamandıra esaslı özel vanalar (<http://www.autopot.co.uk>).

saksı gruplarında olduğu ve besin solüsyonunun dezenfeksiyon gereğinin ortadan kalktığı etkin ve gelecek için umut verici bir uygulamadır.

Bu makalede, kapilar sistemlerin çalışma prensibi anlatılarak, avantajları ve dezavantajları yapılan çalışmaların ışığı altında değerlendirilmiştir.

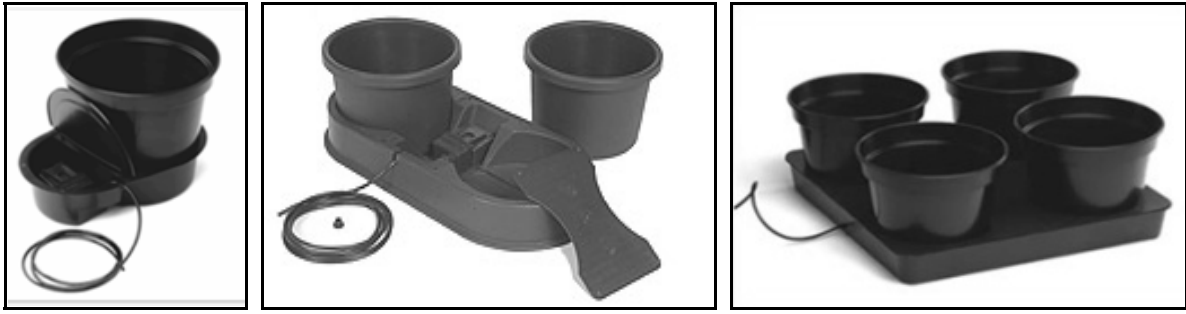
Kapilar Sistemler

Kapilar sistemler, besin eriyiğinin bitki kök bölgesine alttan uygulandığı, ortam içinde

kapilarite ile yükseldiği ve herhangi bir atık çözeltinin oluşmadığı (Zero Runoff System – ZRS) sistemlerdir (Şekil 1).

Sistemin çalışma prensibi, ilgili besin eriyiği deposundan filtreden geçirilerek, kılcal borular yardımıyla alınan eriyiğin bitki kök bölgesinin altından (saksı tabanından) uygulanmasına dayanır. Bu amaçla bitki kök bölgesinin altında, saksı tabanına yerleştirilen şamandıra esaslı özel vanalar (Şekil 2) kullanılır.

Vanalar yardımıyla saksı tabanında sürekli sabit yükseklikte tutulan besin eriyiği gerek



Şekil 3. Kapilar sistemlerde kullanılan bitki sayısına göre değişik saksı tipleri (<http://www.autopot.co.uk>).

bitki su tüketimi gerekse saksı yüzeyinden olan buharlaşma nedeniyle kapilarite ile yetiştirme ortamı boyunca saksı yüzeyine doğru hareket eder. Kapilar sistemlerde suyun tüketimi zaman ve miktar açısından doğrudan bitki tarafından belirlenmektedir.

Ülkemizde kullanılan kapilar sistemler yurtdışından ithal edilmiş, patent almış ve ticari olarak AutoPot olarak adlandırılan sistemler ile yerli imalat olan ve saksıların strofordan yapıldığı sistemlerden oluşmaktadır. Her iki sistemde de kullanılan vana tipleri aynıdır. İthal sistemlerde saksılar tekli, ikili ya da dördü olabileceği (Şekil 3) gibi yatay ya da dikey, PE ya da strofor olabilmektedir. Dikey saksılar tek bitki alırken, saksı maliyetlerini azaltmak için yatay strofor saksılar bitki başına aynı ortam hacmi ile 5 bitki alabilmektedir.

Kapilar sistemlerin avantaj ve dezavantajları

Besin eriyiği bitki kök bölgesinin altında, saksı tabanına yerleştirilen özel vanalar sayesinde sürekli sabit yükseklikte tutulduğundan ve su kullanım zamanı ve miktarı bitki tarafından belirlendiğinden damla sulama sistemlerinde gereken sulama programlaması ihtiyacı bu sistemlerde yoktur. Bununla birlikte, besin solüsyonu basit bir boru sistemiyle ve yerçekimi etkisiyle saksılara ulaştırılır. Dolayısıyla pompa, pahalı boru sistemleri, otomatik kontrol sistemi ve drenaj gerektirmediklerinden sistem ucuzdur. Bitki su tüketimine bağlı olarak su kullanımı otomatik vanalarla düzenlenir. İş gücünden tasarruf sağlar. Elektrik enerjisine ihtiyaç duymaz. Birbirinden bağımsız saksı ya da saksı gruplarında yetiştiricilik yapıldığından kök hastalıklarıyla ilgili problemlerin yayılması sınırlıdır.

Yapraklar ıslatılmadığı için yaprak hastalıkları daha az ortaya çıkar. Farklı bitki türleri için farklı besin eriyiği ihtiyaçları kolaylıkla karşılanarak yetiştiricilik yapılabilir. Uniform bir bitki gelişimi sağlar (Knight ve ark., 1994; Uva ve ark., 1998; Fah, 2000; Green ve ark., 2000, Penisi ve Van Iersel, 2000; Krishna, 2002; Cox, 2003).

Damla sulama; basınç değişimi ve tıkanma gibi nedenlerle sera içinde uniform olmayan bir su dağılımına neden olabilmektedir. Yine iklim faktörlerinin sera içinde değişiklik göstermesi nedeniyle aynı bitkinin değişik noktalarda su ihtiyacının farklı olabileceği bir gerçektir. Bununla birlikte, kapilar sistemin ortam içindeki nemi stabil tutulmakta, farklı bitki ve ortam koşullarına kolaylıkla adapte edilebilmektedirler. Solar radyasyon dağılımının düzensiz olduğu ya da yüksek buharlaştırma etkisinin bulunduğu kuru sera içi iklim koşullarında bile sistemin güvenle kullanılabilirliği, yetiştiriciye sulama zamanı ve miktarı konusunda karar verme zorunluluğu getirmemesi, dışarıdan bir enerjiye ihtiyaç duymaması ve maliyetini düşürebilecek farklı üretim çeşitlerinin geliştirilebilirliği sistemin diğer üstün tarafları olarak görülmektedir (Saarinen ve Reinikainen, 1995).

Kapilar sistemlerin en büyük avantajı, atık çözelti oluşturmadığı için su ve gübre tasarrufu sağlaması ve çevreyi kirletmemesidir. Temelde kapalı bir sistem olan kapilar sistemler, kapilar olmayan kapalı sistemlerle karşılaştırıldığında dahi atılan besin solüsyonu miktarının çok düşük olduğu belirtilmektedir. Nitekim Incrocci ve ark. (2006), 2002 ve 2004 ilkbahar dönemlerinde, kapalı sistem ile kapilar sistemin domates bitkisinin su tüketimi ve gelişimi üzerine etkilerini incelemiş ve aynı zamanda kapilar sulama ile resirküle edilen

besin eriyiğindeki tuz birikimini belirlemişlerdir. Yaklaşık 3 ay süren araştırmada, kapalı sistemde dönem boyunca elektriksel iletkenlik seviyesinin 6 dS/m eşik değerini geçmesi nedeniyle toplam 6 kez besin eriyiği değişimi yapılırken, kapilar sistemde bu değere ulaşılmaması nedeniyle yenileme olmamıştır. Dikimden sonraki 48. günde kapalı sistemde ilk besin eriyiği yenilemesi yapılmış ve o andaki kümülatif bitki su tüketimi 120 l/m² olarak belirlenmiştir. Aynı anda kapilar sistemde besin eriyiğinin elektriksel iletkenliği ise 3.95 dS/m olmuştur. Periyodik yıkamaların kapalı sistemde besin eriyiği elektriksel iletkenliğini hiçbir zaman orijinal seviyesi olan 3 dS/m'ye getiremediği bildirilmektedir. Dönem sonunda, kapilar sistemde ve kapalı sistemde, sırasıyla, uygulanan besin eriyiği miktarı 324 l/m² ve 373 l/m², atılan besin eriyiği miktarı 9 l/m² ve 62 l/m², su tüketimi 315 l/m² ve 312 l/m², su kullanım randımanı 32.7 g/l ve 29.2 g/l olarak bulunmuştur.

McIntyre ve McRae (2005), 33 hafta boyunca ticari adı Autopot olan kapilar sulama tekniği ile yetiştirme ortamı olarak kayayününün kullanıldığı açık sistemi domates yetiştiriciliği açısından karşılaştırmışlardır. Açık sistemde uygulanan besin eriyiği miktarı 298 l/bitki olurken kapilar sistemde 94 l/bitki olarak belirlenmiştir. Açık sistemde 33 hafta boyunca ortalama %40 yıkama oranı elde edilmiş ve bunun sonucu olarak ortalama 119 l/bitki drenaj sistem dışına uzaklaştırılmıştır ve uzaklaşan besin eriyiğinin ortalama elektriksel iletkenliği uygulanan eriyikten 1.2 dS/m daha yüksek olmuştur. Kapilar sistemde ise dönem boyunca atık solüsyon oluşmamış ancak 28. haftaya kadar kapilar sistemde saksı tabanında besin eriyiği elektriksel iletkenliği 3.4 dS/m'e yükselmiştir.

Saarinen ve Reinikainen (1995), topraksız tarımda domatesin bitki su tüketimi ve verim değerlerini araştırmıştır. Bu amaçla 3 yıl boyunca açık sistem ile birlikte 6 farklı kapilar paspası (mat) karşılaştırmıştır. Araştırmada, bitki su tüketimi değerlerini 1. ve 2. yılda açık sistemde 589 ve 709 mm olarak bulurken, bu değerler 2 yıl boyunca kapilar sistemde 456 ile 586 mm arasında değişmiştir. 3. yıla ait su tüketim değerleri araştırmada belirtilmemiştir. Araştırmanın ilk iki yılındaki verim değerleri arasında büyük

farklılıklar bulunmamakla birlikte 3. yılda kapilar sistemden elde edilen verim 31.9 ile 34.5 kg/m² arasında değişirken açık sistemde 29.9 kg/m² olmuştur.

Yelanich ve Biernbaum (1990), açık sistemde 4 farklı yıkama oranı (%0, %12, %25, %50) ile kapilar sulama kullanarak noel yıldızı (*Euphorbia pulcherrima*) bitkisi üzerinde yaptıkları araştırmada, kapilar sulamanın bitki gelişimini beklenildiği ölçüde olumsuz etkilemediğini bildirmektedirler. Bununla birlikte, sera dışına atılan besin eriyiği miktarının yıkama oranını azaltarak, daha düşük konsantrasyonlarda besin eriyiği kullanarak ya da kapilar sulama ile azaltılabileceğini belirtmektedirler. Ancak uygulamalar sırasında su kalitesinin mutlaka göz önünde bulundurulması gerektiği de araştırmacılar tarafından ifade edilmektedir.

Kapilar sistemler her koşulda ekonomik açıdan karlı olamayabilirler (Uva, 2001). Nitekim kapilar sistemlerde, bitki tarafından kullanılmayan besin elementleri köklerin daha az bulunduğu yetiştirme ortamının üst kısmında birikmekte ve tuzluluk meydana getirmektedir. Birikim her ne kadar köklerin az olduğu bölgede gerçekleşse de, tuz birikimi nedeniyle bu sistemler üretim sezonunun uzun ve sıcaklığın yüksek olduğu Akdeniz iklim kuşağındaki yetiştiricilik üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir (Reed, 1996; Lieth, 1996; Fah, 2000; Santamaria ve ark., 2003; Roupael ve Colla, 2005a). Oysa Treder ve ark. (1999), bitki köklerinin daha çok ortamın orta ve saksı tabanına daha yakın olan alt katmanlarında yoğunlaşması nedeniyle, ortamın üst katmanlarında biriken tuzların genellikle bitki gelişimi açısından bir problem yaratmadığını bildirmektedirler.

Elia ve ark. (2003), kapilar sistemle sulanan iki farklı cherry domates çeşidinde, ortam içindeki besin eriyiği hareketinin evaporasyon ve transpirasyondan etkilendiğini ve bu nedenle de tuz birikiminin yetiştirme ortamının üst kısmında meydana geldiğini bildirmektedir. Aynı araştırmada 2, 4 ve 6 dS/m'lik 3 farklı besin eriyiği elektriksel iletkenliği seviyesinde, saksıların taban kısmındaki elektriksel iletkenlik değerlerinin üst kısımına göre daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Üst katmandaki tuz birikiminin bitkinin osmotik stresten daha az etkilenmesini sağlarken

ortamın tekrar kullanılabilirliğini kısıtlamaktadır. Bununla birlikte, bazal yaprak yapısının da evaporasyonu etkileyerek kapilarite ile tuz taşınımı üzerine olumsuz etki yarattığı ifade edilmektedir. Nitekim bazal yaprakları daha büyük olan çeşitte üst katmandaki elektriksel iletkenlik küçük olan çeşide göre daha düşük bulunmuştur.

Zheng ve ark. (2005), 4 hafta boyunca gerbera bitkisinin 4 farklı besin eriyiği reçetesinde (Tam doz (1.7 dS/m), %50 doz (1.0 dS/m), %25 doz (0.5 dS/m) ve %10 doz (0.2 dS/m)) kapilar sistemdeki gelişimini ve su tüketimini inceledikleri çalışmada, besin eriyiği konsantrasyonunun %50'ye kadar düşürülmesinin gerbera gelişimini olumsuz yönde etkilemediğini bildirmektedirler. Tüm denemelerde ortamın üst 1/3'lük kısmında alt kısmına göre yaklaşık 3 - 13 kez daha fazla tuz birikimi meydana gelmekle birlikte, bu birikim düşük besin eriyiği konsantrasyonunun uygulandığı konularda daha az bulunmuştur.

Rouphael ve Colla (2005b), topraksız kabak yetiştiriciliği üzerine yaptıkları araştırmada, kapilar sistem ile sulanan bitkilerin kök bölgesinin üst 0 - 7.5 cm'sindeki tuzluluk değerinin ilkbahar dönemi sonunda sonbahar dönemine göre 2 kat daha yüksek olduğunu belirtmektedir. Bu sonucu da ilkbaharda sera içi solar radyasyon ve sıcaklığın sonbahara göre daha yüksek olmasına bağlamaktadırlar.

Incrocci ve ark. (2006), 2002 ve 2004 ilkbahar dönemlerinde, kapilar sulama ile resirküle edilen besin eriyiğindeki tuz birikimini belirledikleri çalışmalarında; ortam içindeki tuz dağılımının kapilar sistemde köklerin daha az bulunduğu yüzeye yakın üst katmanda daha yüksek (yaklaşık 13 dS/m) orta (7 dS/m) ve alt (4 dS/m) katmanlarda ise daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Kapalı sistemde ise tersine, tüm ortam içinde yaklaşık eşit kök dağılımı belirlenmiş, üst katmanda daha düşük elektriksel iletkenlik seviyesi ölçülürken (yaklaşık 4 dS/m) orta (5.5 dS/m) ve alt (6.5 dS/m) katmanlarda daha yüksek ölçümler elde edilmiştir.

Kapilar sistemlerin kurulum masraflarının yüksek olması, saksıların yerleştirildiği yüzeyde besin eriyiğinin saksı altında uygun dağılımının sağlanması açısından tesviyenin gerekli olması bir diğer dezavantaj olarak görülse de

maliyeti düşürebilecek farklı üretim çeşitlerinin geliştirilebilirliği (Saarinen ve Reinikainen, 1995; Meriç, 2006) bu dezavantajı elimine edebilmektedir.

SONUÇ

Topraksız tarım ülkemizde kısa bir geçmişe sahip olmasına rağmen hızla gelişmektedir. Bununla birlikte yetiştiriciliğin büyük bir kısmının, uygulanan besin eriyiğinin damla sulama ile uygulandığı, bitki kök bölgesinden drene olduktan sonra sistemden uzaklaştırıldığı, daha az etkin açık sistemler şeklinde yürütüldüğü de bilinmektedir. Ancak, ülkemiz seracılığında ticari üretimde yaygın olan ortam kültüründe, sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik olarak su ve gübre kullanım etkinliğinin artırılması önem taşımaktadır.

Kapalı sistemler, topraksız yetiştiricilik sistemleri içinde daha yüksek su ve gübre kullanım etkinliği sağlayan, daha fazla teknik bilgi gerektiren çevre dostu sistemlerdir. Bu sistemler içinde yer alan ve son yıllarda su ve gübre kullanım etkinliği ve çevre koruma önlemlerine olan dikkatin artması nedeniyle tekrar önem kazanan kapilar sistemler ise üretim sezonu içinde gerek atık besin çözeltilisinin oluşmaması, gerekse yüksek randımanlar sağlaması nedeniyle umut verici görünmektedir. Bunun yanında sistemin en önemli problemleri olan kök bölgesindeki tuz birikimi, damla sulamanın uygulandığı diğer topraksız tarım sistemleriyle karşılaştırıldığında birim alandan az da olsa daha düşük verim elde edilmesi (McIntyre ve McRae, 2005; Incrocci ve ark., 2006) ve ilk kurulum masraflarının yüksek olabilmesi; sistemin teknik ve ekonomik yönden analizi ile ilgili yeni araştırmaları gerektirmektedir. Bununla birlikte Akdeniz iklim kuşağında yer alan ülkemizde sera içinde daha yüksek sıcaklık ve solar radyasyon değerlerinin görüldüğü ilkbahar yetiştiriciliği, bitki kök bölgesindeki tuz birikimini arttırması nedeniyle daha risklidir. Bu açıdan, kapilar sistemler için yetiştiricilik dönemlerine uygun yeni besin eriyiği reçetelerinin geliştirilmesi ve bunların test edilmeleri de önem kazanmaktadır.

Önümüzdeki yıllarda topraksız tarımla ilgili olarak çevre koruma açısından alınabilecek muhtemel bazı önlemlerin üretici üzerindeki etkilerini en aza indirebilmek amacıyla, kapalı

sistemlerin bir şekli olan kapilar sistemler Bu nedenle sözü edilen sistemler üzerindeki gelecek açısından ümit verici görünmektedir. araştırmalar sürdürülmelidir.

KAYNAKLAR

- Benoit, F. and N. Ceustermans. 1995. Horticultural aspects of ecological soilless growing methods. *Acta Hort.*, 396:11-24.
- Burrage, S.W. 1999. The nutrient film technique (NFT) for crop production in the Mediterranean Region. *Acta Hort.* 491:301-306.
- Cox, D. 2003. Subirrigating seed geraniums with bonzi. *Greenhouse Product News*, 13(8): 30-35. D.W. (Ed.), Ball Publishing Inc., Illinois, USA, 305p.
- DiE. 2004. Devlet İstatistik Enstitüsü. (www.die.gov.tr)
- Elia, A., A. Parente, F. Serio, and P. Santamaria. 2003. Some aspects of the trough bench system and its performance in cherry tomato production, *Acta Hort*, 614: 161-166.
- Fah, J. 2000. Hydroponics made easy – 2nd edition. e-book, (<http://www.autopot.com.au>).
- Green, J.L., B. Blackburn, S. Kelly and M. Albahou. 2000. Efficient fertilization of nursery crops – Plant controlled uptake. *Acta Hort*, 511: 59-64.
- Gül, A., İ.H. Tüzel, Ö. Tuncay, M.E. İrget, R.Z. Eltez ve E. Düzyaman. 1998. Torba kültürü ile yapılan sera hıyar yetiştiriciliğinde açık ve kapalı sistemlerin bitki gelişimi, verim, su ve gübre kullanımına etkileri üzerine araştırmalar. Tübitak TOGTAG 1512 No'lu proje, İzmir.
- Gül, A., Y. Tüzel, İ.H. Tüzel, R.Z. Eltez, M.K. Meriç, Ö. Akat ve A. Demirelli. 2001. Ülkemiz seracılığına uygun topraksız yetiştirme sistemlerinin geliştirilmesi. Proje No: 98/BİL/023, İzmir.
- Incrocci, L., F. Malorgio, A.D. Barola and A. Pardossi. 2006. The influence of drip irrigation or subirrigation on tomato grown in closed-loop substrate culture with saline water. *Scientia Hort.*, 107:365-372.
- Jensen, M.H., 1997. *Hydroponics*. Hortscience, 32(6).
- Kang, J. and M. van Iersel. 2002. Nutrient solution concentration affects growth of subirrigated bedding plants. *Journal of Plant Nutrition*, 25(2):387-403.
- Knight, P.R., D.J. Eakes, C.H. Gilliam and H.G. Ponder. 1994. Recycled irrigation solutions and method of fertilization influence geranium growth in a subirrigation system. *SNA Water Conference*, 39:392-394.
- Krishna, M.N.S. 2002. Optimal fertilizer concentration, water-use efficiency and whole-plant gas exchange of subirrigated plants under varying light intensity. M.Sc. Thesis, University of Georgia.
- Lieth, J.H., 1996. Irrigation systems, Pages 1-29, in *Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops*. Ed. D.W. Reed, Ball Publishing Inc., Illinois, USA.
- Maloupa, E., 2002. Hydroponic systems. Pages 143-178, in *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Ed. D. Savvas and H. Passam, Embryo Publications, Athens.
- McIntyre, A. and T. McRae. 2005. Gross income comparison for hydroponic tomato production in Autopot and rockwool run-to-waste systems, *Acta Hort.*, 694:197-201.
- Meriç, M.K., 2006. Sera topraksız domates yetiştiriciliğinde su kullanım etkinliği yönünden sulama programlarının ve bitki yetiştirme sistemlerinin karşılaştırılması. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. Bornova – İzmir.
- Öztekin, G.B., Y. Tüzel, ve Ö. Keskin. 2003. Topraksız tarımda besin solüsyonunun dezenfeksiyonu. *Alatarım*, 2(2):34-39.
- Penisi, B.V. and M. Van Iersel. 2000. Irrigation, *Greenhouse Product News*, 10(12).
- Reed, D.W., 1996. Closed production systems containerized crops: Recirculating subirrigation and zero-leach systems. Pages 221-245, in *Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops*, Ed. D.W. Reed, Ball Publishing Inc., Illinois, USA.
- Resh, H.M., 1991. *Hydroponic Food Production*. Woodbridge Press Publishing Company. Santa-Barbara, California, pages 462.
- Rouphael, Y. and G. Colla. 2005a. Radiation and water use efficiencies of greenhouse zucchini squash in relation to different climate parameters. *European Journal of Agronomy*, 23:183-194.
- Rouphael, Y. and G. Colla. 2005b. Growth, yield, fruit quality and nutrient uptake of hydroponically cultivated zucchini squash as affected by irrigation systems and growing seasons. *Scientia Horticulturae*, 105:177-195.
- Saarinen, J.A. and O. Reinikainen. 1995. Peat substrate and self-regulating irrigation – An environmentally sound method, *Acta Hort.*, 401:435-442.
- Santamaria, P., G. Campanile, A. Parente and A. Elia. 2003. Subirrigation vs. drip-irrigation: Effects on yield and quality of soilless grown cherry tomato. *Journal of Horticulture Science and Biotechnology*, 78(3):290-296.

- Schröder, F.G. and J.H. Lieth. 2002. Irrigation control in hydroponics. Pages 263-298, in Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Ed. D. Savvas and H. Passam, Embryo Publications, Athens.
- Schwarz, M., 1995. Soilless Culture Management, Advanced Series in Agricultural Sciences 24, Jerusalem, Israel.
- Sevgican, A., 1999. Örtüaltı Sebzeçiliği (Topraksız Tarım). Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 526, Bornova, İzmir.
- Treder, J., B. Matysiak, J.S. Nowak and J. Nowak. 1999. The effects of potting media and concentration of nutrient solution on growth and nutrient content of three *Ficus* species cultivated on ebb-and-flow benches. Acta Hort., 481:433-439.
- Tüzel, Y., 2004. Seralarda Entegre Üretim. Tarımsal Araştırma Yayın ve Eğitim Koordinasyonu (TAYEK) Bahçe Bitkileri Grubu Bilgi Alışverişi Toplantısı, 01-03 Haziran 2004, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen.
- Tüzel, Y. and A. Özçelik. 2004. Recent trends and developments in protected cultivation of Turkey. Pages 189-198, in International Workshop on "La Produzione in serra dopo l'era del bromuro di metile". 1-3 April, Catania - Italy.
- Uva, W.L., 2001. Comparing investments and return risks for subirrigation systems. Greenhouse Product News, 11(7):32-38.
- Uva, W.L., T.C. Weiler and R.A. Milligan. 1998. A survey on the planning and adoption of zero runoff subirrigation systems in greenhouse operations, Hort.Sci., 33:193-196.
- Van Os, E., 1999. Nutrient cleaning. The Dutch Approach. Practical Hydroponics & Greenhouses. July August 67-70
- Van Os, E., W. Wohanka, B. Bruins and R. Seidal. 2000. Slow filtration: A technique to minimise the risks of spreading root-infecting pathogens in closed hydroponic systems. Int. Sym. On Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Current Trends for Sustainable Technologies. 7-11 March, Cartagena, Spain.
- Winsor, G.W. and M. Schwarz. 1990. Soilless Culture for Horticultural Crop Production. FAO Plant Production and Protection Paper, No: 101, Rome, pages 188.
- Yelanich, M.V. and J.A. Biernbaum. 1990. Effect of fertilizer concentration and method of application on media nutrient content, nitrogen runoff and growth of *Euphorbia Pulcherrima* V-14 Glory. Acta Hort., 272:185-189.
- Zheng, Y., T. Graham, S. Richard and M. Dixon. 2005. Can low nutrient strategies be used for pot gerbera production in closed-loop subirrigation?. Acta Hort., 691:365-372.