
SERİ

B

CİLT

41

SAYI

3 - 4

1991

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



DAMLA SULAMA SİSTEMİ PLANLAMA ESASLARI

Prof. Dr. Ö. Bülend SEÇKİN¹⁾
Y. Doç. Dr. Necmettin ŞENTÜRK¹⁾

Kısa Özet

Artan nüfus ve kentleşme oranına karşın hızlı bir şekilde yok edilmekte olan ormanların veya yeşil alanların yerine yapılmakta olan park ve bahçelere diki- len veya ekilen bitkilerin normal gelişim ve yaşamlarını sürdürebilmeleri için her şeyden önce düzenli bir sulamaya ihtiyaçları vardır. Çünkü, aktif olarak ya- şamını sürdüren bir bitkinin % 85-90'ını su oluşturmaktadır.

Bitkinin yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan ve doğal yağışlarla karşıla- namayan suyun bitkiye verilmesi için çeşitli sulama yöntemleri geliştirilmiştir. Bu makalede, ağaç, çalı, yer örtücüler, meyve ve sebze bahçelerinin sulanmasın- da başarılı bir şekilde kullanılan damla (drip) sulama sistemi ve planlama esas- ları açıklanmaya çalışılmıştır.

1. GİRİŞ

Sulama sistemleri ile ilgili bilgilere 5000 yıl önce Hindistan'da İndus Vadisi'ndeki Mohan-Jo Daro medeniyetinde rastlanmaktadır. Aynı devirlerde Suriye, Babil, Mısır, İsrail, Yunan, Roma ve Çin'de de sulama ile ilgili çalışmalar yapıldığı bilinmektedir. Bu devirde, Mısır'da içme ve sulama suyu sağlamak amacıyla kaya dolgu bir baraj yapıldığı; keza Babil Kralı Hamurabi'nin oldukça ge- niş sulama kanalları yaptırdığı ve bunların korunma ve onarımları için kanunlar çıkardığı da bilin- mektedir.

Teknolojik gelişimin pek doğal bir sonucu olarak, tarihsel gelişim süreci içerisinde ilkel sula- ma sistemleri giderek yerini modern sulama sistemlerine terketmiştir.

Ülkemizde modern sulama ile ilgili çalışmalar 1958 yılında başlamıştır. Ancak, o yıllarda devlet üretme çiftliklerinde ve bazı araştırma kurumlarında deneme amacıyla Almanya'dan ithal edilen yağmurlama sistemleri eleman yetersizliğinden kullanılamamıştır. Planlı dönemin başlama- sıyla bazı kamu kuruluşları ve özel kuruluşlar az da olsa bazı çalışmalar yapmıştır. Ancak, ülke- mizde bu konudaki çalışmalar 1970 yılından sonra yoğunlaşmıştır.

1) İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı.

II. Dünya Savaşı'ndan sonra plastik boruların üretilmesiyle birlikte Danimarka'da seralarda sınırlı kullanım olanağı bulunan damla sulama sistemi, daha sonra İngiltere, Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Güney Afrika ve İsrail gibi devletlerde uygulanmaya başlanmış olup, günümüzde ise tüm dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

2. DAMLA SULAMANIN TANIM VE AVANTAJLARI

Damla sulama, bir bitkinin kök zonuna suyun yavaş verilmesi olarak tanımlanır. Bu sulama sisteminde temel ilke, bitkide nem eksikliği nedeniyle bir gerilim oluşmadan bitkinin ihtiyacı olan suyun kök zonuna verilmesidir. Bu sistemde su, düşük basınçlı bir boru ağı ile bitki çevresine yerleştirilen emitörlere kadar iletilir ve emitörlerden düşük basınç altında yavaş bir tempo ile toprağa verilir. Su buradan yer çekimi ve kapillar kuvvetlerin etkisi ile bitkinin kök zonuna erişir. Dolayısıyla bu sistemde genellikle sadece bitki kök zonunun sulanması hedeflenir. Diğer alanlar kuru kalır. Böylece mevcut sulama suyundan en iyi şekilde yararlanılır.

Başlangıçta tarımsal endüstriye hizmet etmek amacıyla geliştirilmiş olan damla sulama günümüzde ağaç, çalı, yer örtücü, çiçek, bağ, sera bitkileri ve sebze bahçelerinin sulanması bakımından önemli bir yere sahiptir. Son 10-15 yıl içinde hem kırsal hem de kentsel alanlarda süs bitkilerinin sulanmasında başarıyla kullanılmaktadır.

Damla sulama sisteminin, yağmurlama (sprinkler) sulama sistemine göre avantajları şöyle sıralanabilir (SEÇKİN 1993; YILDIRIM 1993):

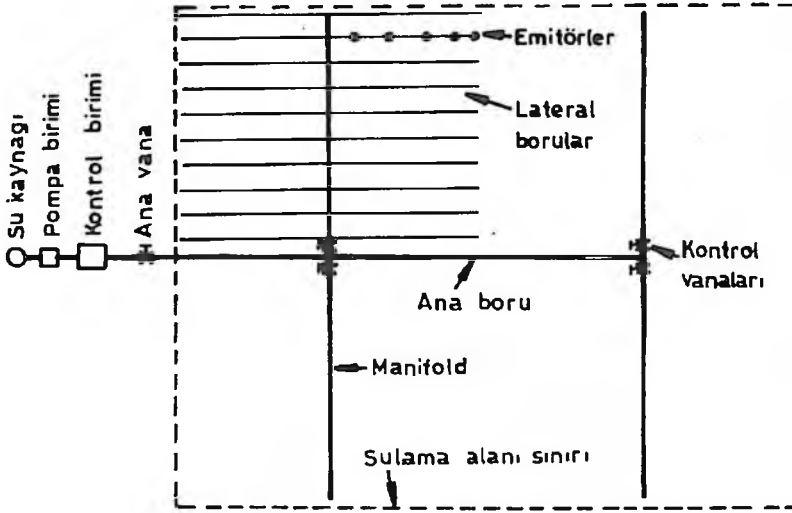
- Damla sulama sisteminde su yavaş bir şekilde bitkinin kök zonuna verildiğinden, sahanın yalnızca bir bölümü ıslanır. Dolayısıyla su kaybı ihmal edilebilecek ölçüde az olur, sulama suyu ihtiyacı azalır ve su miktarının sınırlı olduğu durumlarda fevkalade önem kazanır ve az su ile geniş alanlar sulanabilir.
- Toprağın ıslatılan yüzeyi bitki tarafından gölgelendiğinden toprak yüzeyinden olan buharlaşma (evaporasyon), dolayısıyla bitki su tüketimi de az olur.
- Damla sulama sisteminde suyun toprağa yavaş bir şekilde verilmesi nedeniyle bitki kök zonuındaki oksijen ve rutubet oranı daha dengeli olur, bu da bitkinin daha iyi gelişmesine imkân verir.
- Yalnızca bitki kök zonu ıslatıldığından yabancı ot büyümesi azdır. Bu nedenle bitki bakım masrafları da azalır.
- Damla sulama sisteminde yağmurlama sulama sistemine göre verim oranı daha yüksektir. Çünkü, bu sistemde yüzeyel akışla veya toprak ve yaprak yüzeyinden olan su kaybı az olduğu gibi, suyun rüzgârdan etkilenmesi de söz konusu değildir.
- Bu sistemin işletilmesi kolay ve işçilik giderleri asgari düzeyde olduğu için, suyun istenilen miktarda ve dengeli bir biçimde toprağa verilmesi mümkün olur.
- Bitki besin maddelerinin bitkinin ihtiyaç duyduğu zamanda su ile birlikte doğrudan kök zonuna verilmesi nedeniyle gübreden en üst düzeyde yararlanılır.
- Damla sulamanın esnekliği, peyzaj endüstrisi açısından büyük önem taşımaktadır. Çünkü bitki olgunlaştıkça sisteme yeni emitörler eklenebilir.
- Damla sulama sisteminde tesis ve yatırım masrafı yağmurlama sistemine göre çok daha azdır.
- Bu sulama sisteminde bitkinin yaprakları ıslanmadığından, yağmurlama sisteminde yaprakların ıslanmasıyla ortaya çıkan küllleme vs. gibi hastalıklar için de ortam elverişli değildir.
- Sulama suyu tuzlu olan yörelerde toprakta bulunan tuzlar kök ıslanma bölgesinin çevresine doğru itildiği için tuzlu topraklarda tuzun bitkiye olan zararı da azalır.

- Damla sulama sistemi eğimli, dalgalı, hafif bünyeli ve taban suyu yüksek topraklarda da güvenle uygulanabilir.
- Damla sulama sisteminde işletme basıncı düşük olduğu için enerji masrafları daha azdır.
- Damla sulama sistemi salon bitkilerinin sulanmasında da başarıyla kullanılmaktadır.

Damla sulama sisteminin yukarıda sayılan avantajları yanında, sistemin uygulanmasını kısıtlayan en önemli sorun emittörlerin tıkanmasıdır. Tıkanmaya en çok kum ve silt parçacıkları, organik madde gelişimi ve kimyasal madde birikimi neden olmaktadır. Bu nedenle sulama suyunun çok iyi filtre edilmesi ve sistemin belirli aralıklarla seyreltik asit ile yıkanması gerekmektedir.

3. DAMLA SULAMA SİSTEMİNİN ELEMANLARI

Damla sulama sistemi sırasıyla pompa ve basınç regülatörleri, kontrol birimi, boru (ana, manifold ve lateral boru) hatları, kontrol vanaları ve emittörlerden oluşur (Şekil 1).



Şekil 1 : Damla sulama sisteminin elemanları.

3.1. Pompa ve Basınç Regülatörleri

Su kaynağının basıncı işletme basıncından küçükse, gerekli olan işletme basıncı pompa birimi ile sağlanır. Damla sulama sistemleri 30 psi veya daha düşük basınçlarda çalıştığı için, sulama suyunun mevcut basıncı işletme basıncından fazla ise bu basıncın basınç regülatörleri ile düşürülmesi gerekir. Bu işlem iki türlü yapılabilir. Bunlardan birisi sistemin ana ve lateral hatları üzerine monte edilen bağımsız bir aygıt olup bu aygıt giriş basıncını 120 psi'ye kadar çıkarır ve 15-30 psi'ye kadar düşürür. Damla sulama sistemleri, kirlenmeyi azaltmak için 15 psi'nin üzerindeki basınçlarda çalıştırılmalıdır. Diğeri ise, içine bir basınç regülatörü yerleştirilmiş uzaktan kontrollü bir vana ile olur. Ancak, sistem basınç regülatörlü emittörlerle dizayn edildiğinde bunlar yeterlidir. Sistem normal emittörlerle dizayn edildiğinde psi çıkışını sıhhatli olarak ayarlayan bir basınç düşürücü kullanmak gerekir.

3.2. Kontrol Birimi

Damla sulamada, suyun çok iyi filtre edildikten sonra sisteme verilmesi gerekir. Aksi takdirde emittörlerin tıkanması sorunuyla karşılaşılır. Bu filtrasyon işlemi kontrol biriminde yapılır. Kontrol biriminde ayrıca sulama suyunun basınç ve miktarı da denetlenir ve bitki besin maddeleri sulama suyuna karıştırılır. Kontrol birimi genellikle ana boru hattının başlangıcına kurulur.

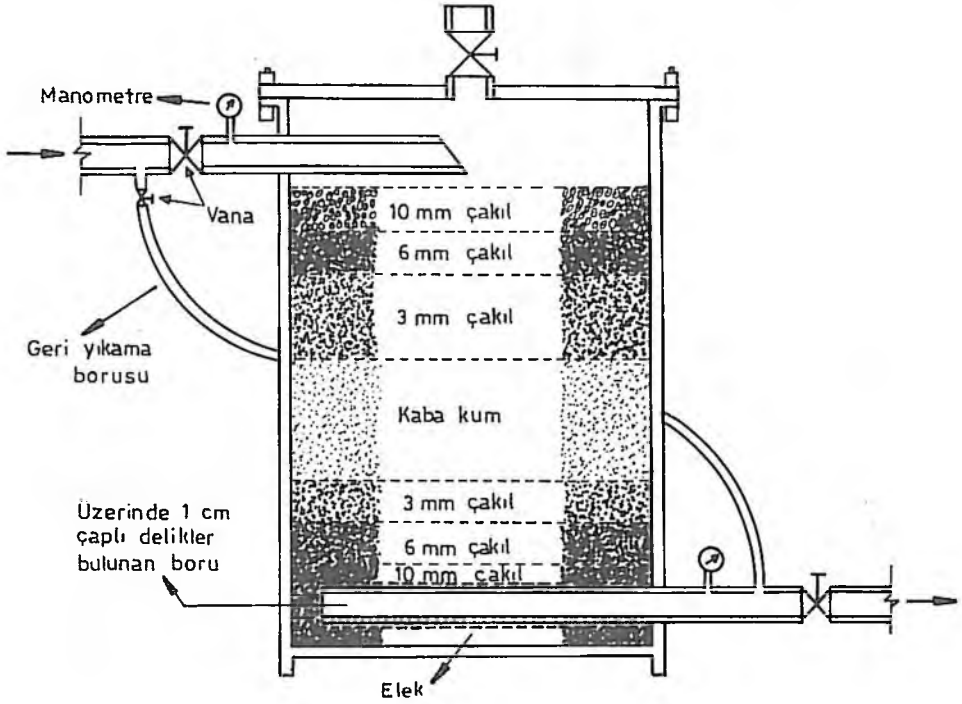
Sulama suyunun filtrasyonunda kullanılan üç ana filtrasyon aparatı söz konusudur (SEÇKİN 1993):

a- Y tipi süzgeç: Suyun içinde aktığı delikli bir perdeye sahip olan bu süzgeçte, perdenin delik çapından daha büyük olan partiküller tutulur. Süzgecin içindeki perdeleme materyali; pirinç, kusursuz çelik, polyester veya sentetik dokuma gibi çürümez ve aşınmaz olmalıdır. Perdenin delik boyutu, üniform büyüklükte ve emittör ağız çapından daha küçük seçilmelidir. Aksi takdirde, emittörler yine tıkanır. Y tipi süzgeçler özellikle sudaki organik maddelerin yok edilmesinde etkili değildir.

b- Partikül akış separatörü: Bunlar Y tipi süzgeçlere benzerlik gösterirler, fakat bunlar büyük sulama sistemleri için söz konusu olur. Bunlar da, sudaki organik maddelerin yok edilmesinde etkili değildir.

c- Kum filtresi: Sulama suyu, bir araya gelerek ekipmanı tıkayan mikroorganizmaları içinde bulunduruyorsa, bu tip suların filtrasyonunda kum filtresi kullanılmalıdır. Kum-çakıl filtre tankında, sulama suyu bulunabilecek sediment ve yüzücü cisimler tutulur. Tipik bir kum-çakıl filtre tankının kesiti Şekil 2'de verilmiştir.

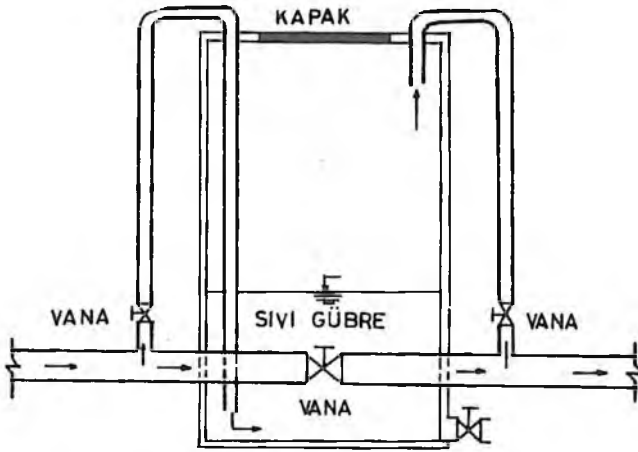
Su filtre tankına üstten girer, çakıl, kum ve çakıl katmanlarından geçtikten sonra tankın altından çıkar. Bu arada sediment ve yüzücü cisimler genellikle üst kısımda tutulur. Tankın tabanında



Şekil 2: Kum-çakıl filtre tankı kesiti

etrafı elek filtre ile sarılmış delikli boru bulunur. Bunun amacı, tanktan su ile birlikte kumun çıkışını engellemektir. Bu filtre tankında ayrıca suyun alttan girişini ve üstteki vanadan çıkışını sağlayan geri yıkama borusu da bulunur. Bu boru ile, belirli aralıklarla tankın üst kısmında biriken sediment ve yüzücü cisimler yıkanarak temizlenir.

Damla sulama sistemlerinde bitki besin maddeleri, sulama suyuna karıştırılarak bitkiye verilir. Bu amaçla, kullanılacak sıvı gübre miktarı, kontrol birimindeki gübre tankının içerisine konur. Gübre tankı ana boruya, su giriş ve çıkışını sağlayan ve üzerinde vanalar bulunan hortumlarla iki noktadan bağlanır. Ayrıca, basınç farklılığı oluşturmak amacıyla ana boru üzerine bir vana daha yerleştirilir. Bitkiye gübre verileceği zaman ana boru üzerindeki vana kısmen kapatılır, gübre tankına giriş ve çıkış vanaları açılır. Böylece, ana borudaki suyun bir kısmı gübre tankına girecek sıvı gübre ile karışır ve tekrar ana boruya döner (Şekil 3).



Şekil 3: Gübre tankının kesiti

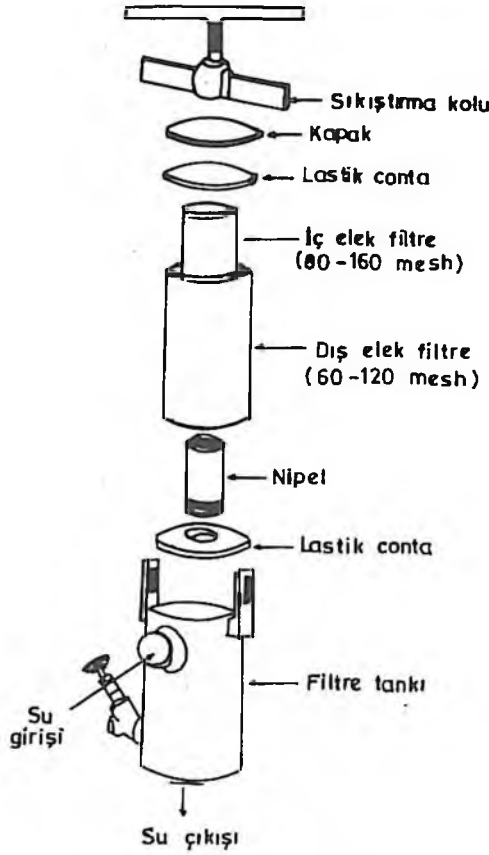
Kontrol birimine, gübre tankından sonra elek filtre yerleştirilir. Bu elek filtre ile, kum-çakıl filtre tankında süzülmemiş tanecikler ile gübre tankından gelebilecek gübre parçacıkları tutulur. Her sulamadan sonra elek filtre sökülerek temizlenir (Şekil 4).

Kontrol birimindeki kum-çakıl filtre tankının giriş ve çıkışı ile elek filtre çıkışındaki basıncın ölçülmesi için üç yollu bir manometre kullanılır.

3.3. Boru Hattları

Ana boru hattı, suyu kaynaktan manifold boru hatlarına iletir. Genellikle gömülüdür. Küçük sulama sistemlerinde ana boru hattı toprak yüzeyinde olabilir. Bu durumda polietilen borular kullanılmalıdır.

Manifold boru hattı, suyu ana borudan lateral boru hatlarına iletir. Lateral boru hatlarının doğrudan ana boru hattına bağlanması durumunda su girişini denetlemek için her lateral boru hattının başına bir vananın yerleştirilmesi zorunluluğu vardır. Bu olay hem sistemin maliyetini artırır hem de sistemin işletilmesini güçleştirir. Bu nedenle belirli bir sayıdaki lateral boru hattı, manifold boru hattına bağlanır ve bu manifold boru hattının ana boruya bağlantısı bir vana ile sağlanabilir.



Şekil 4: Elek filtresinin kesit ve elemanları

Bu boru hatları da ana boru hattında olduğu gibi genellikle gömüldür ve sert PVC borulardan oluşturulur. Manifold boru hattına bağlı lateral boru hatlarının tümü bir işletme birimini oluşturur ve vana açıldığında tüm laterallere aynı anda su verilmiş olur. Manifold boru hatları eşyükseleli eğrilerine paralel ya da iniş aşağı döşenmelidir. Bu hatlar ana boru hatlarına dik olabileceği gibi paralel de olabilir.

Lateral boru hatları, üzerine emitörlerin yerleştirildiği borulardan oluşur. Bunlar genellikle toprak yüzeyine serili olduğu için bu amaçla esnek ve ultraviyole ışınlarına dayanıklı polietilen borular kullanılır. Bu boru materyali ultraviyole ışınlarının tahribine karşı hassas olmadığı için toprak altından veya üstünden tesisi mümkündür.

Çok farklı çaplarda polietilen borular vardır. Ancak, damla sulamada lateral borular için uygun olarak kullanılan polietilen boru çapı 1/2'dir.

3.4. Kontrol Vanaları

Elektrikli uzaktan kontrollü vanalar, özellikle damla sulama endüstrisi için imal edilmiştir. Bu vanalar, damla sulama sisteminin özelliği olan basınç düşüklüğü ile su akışı azlığını uyumlu hale sokar. Damla sulama sisteminde kullanılan vanalar 1 galon/dak'lık akışa ve 10-15 psi'lik su basıncına cevap verecek nitelikte olmalıdır.

3.5. Emitörler

Emitörler (damlatıcılar), sistemin en önemli ve çok dikkatle seçilmesi gereken elemanlarıdır. Lateral borudaki basınçlı su damlatıcıya geçtikten sonra, damlatıcı içerisindeki akış yolu boyunca ilerlerken, suyun enerjisi sürtünme ile önemli ölçüde kırılır. Bunun sonucunda, su damlatıcıdan damlalar biçiminde çıkar ve toprağa infiltre olur.

Emitörler, saatte 0.5-4 galon suyu yavaş yavaş damlatarak tüketirler. Bunların çoğu 10, 15, 20 psi basınçla çalışacak ve saatte 1/2, 1, 1 1/2, 2 ve 4 galon su tüketecek şekilde üretilir.

Yağmurlama sulama sistemindeki başlıkların debisi galon/dak olarak hesaplandığı halde, damla sulama sistemindeki emitörlerin debisi galon/saat cinsinden hesap edilir. Bunun nedeni damla sulama debisinin düşük olmasıdır.

Emitörler lateral borulara veya bu borulardan ayrılan dağıtım borularına veya yükselticiler üzerine doğrudan doğruya tespit edilir. Bir damla sulama sistemi için emitör seçiminde gözönünde bulundurulacak ana unsurlar debi ve basınç kompensasyon özellikleridir.

Bilindiği gibi emitörler **regülatörlü** ve **normal** olmak üzere iki tipte üretilir. Regülatörlü emitörlerde işletme basıncı değişse bile debi sabit kalır. Emitörler bir veya çok ağızlı olur.

İşletme basıncı ile emitörün debisi arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır;

$$q = K_d h^x \quad (1)$$

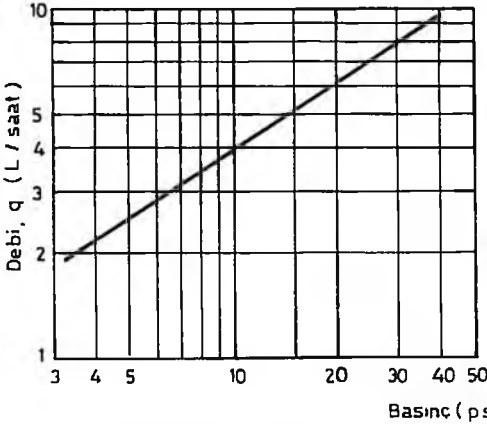
Burada;

q = Emitörün debisi (L/saat),

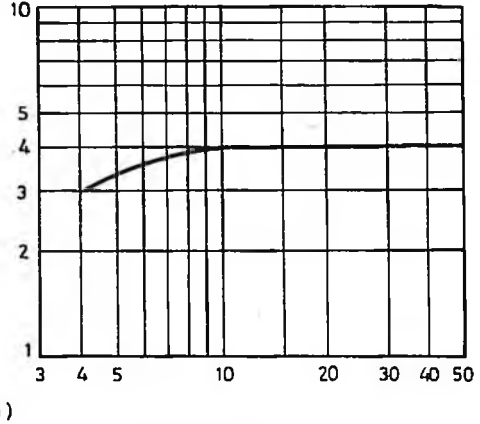
K_d = Emitörün yapım biçimine bağlı katsayı,

h = İşletme basıncı (emitör girişinde istenen basınç psi)

x = Emitörün akış rejimine bağlı katsayısıdır.



a) Normal emitör



b) Regülatörlü emitör

Şekil 5: Emitörlerde işletme basıncı-debi arasındaki ilişki

Üretici firmalar, farklı işletme basınçlarındaki emitör debilerini gösteren çizelge ya da grafikleri planlayıcı ve uygulayıcılara vermekle yükümlüdür. Normal emitörlerde, işletme basıncı arttıkça debi de artar (Şekil-5a). Regülatörlü emitörlerde işletme basıncı artsa bile debi sabit kalır (Şekil 5b).

Emitörlerin debisi, infiltrasyon oranı düşük olan ağır bünyeli topraklarda düşük, infiltrasyon oranı yüksek olan hafif bünyeli topraklarda yüksek olmalıdır.

3.5.1. Emitörlerin Yerleştirilmesi ve Sayısının Belirlenmesi

Sebze bahçeleri ve yer örtücülerin damla sistemle sulanmasında emitörler, lateral borular boyunca, ıslatma çapının % 80'i kadar aralıklarla yerleştirilirler. Böylece lateral boru boyunca ıslak bir şerit oluşturulur. Borular arasında ıslatılmayan kuru bir alan kalır (Şekil 6).

Emitörlerin aralığı, toprağın infiltrasyon oranı ile emitör debisinin bir fonksiyonu olarak;

$$S_d = 0.9 \sqrt{\frac{q}{I}} \quad (2)$$

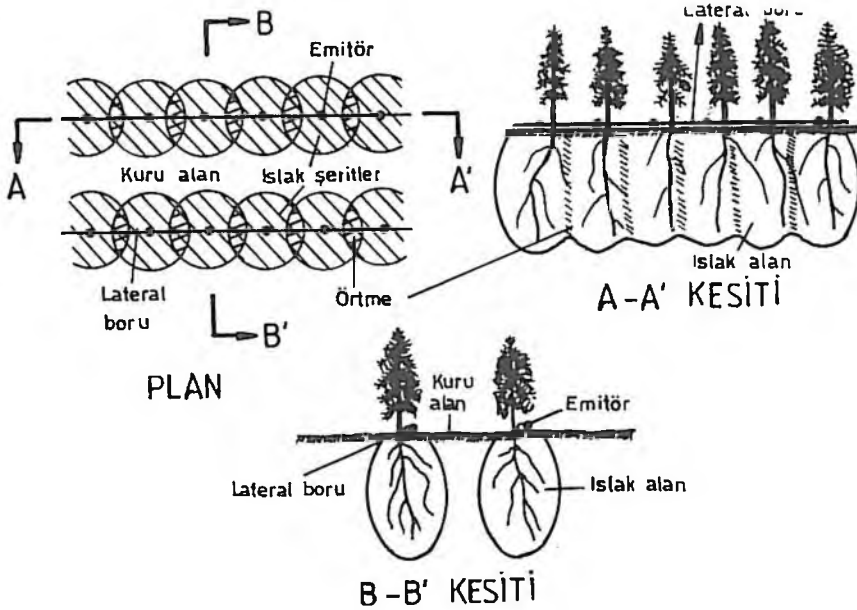
eşitliği ile hesaplanır. Burada;

S_d = Emitör aralığı (m),

q = Emitör debisi (L/saat)

I = Toprağın infiltrasyon oranı (mm/saat)

değerlerini gösterir.



Şekil 6: Lateral borular üzerindeki emitörlerle ıslatılan alan

Sebze ve yer örtücülerde bitki sıra aralığı (S_s), emitör aralığından (S_d) büyükse, her bitki sırasına bir lateral boru hattı döşenir. Bu durumda, lateral boru aralığı (S_l) bitki sıra aralığına (S_s) eşit olur (Şekil-7a) ve ıslatılan alan yüzdesi de;

$$P = 100 \frac{S_d}{S_l} \quad (3)$$

eşitliğinden bulunur. Burada;

P = ıslatılan alan yüzdesi (%)

S_d = Emitör aralığı (m)

S_l = Lateral boru aralığı (m)'dir.

Emitör aralığı (S_d), bitki sıra aralığından (S_s) büyük, ancak bitki sıra aralığının iki katından küçükse, lateral boru hatları iki bitki sırasının ortasına döşenir ve bir lateral boru hattı ile iki bitki sırası sulanır. Bu durumda, lateral boru aralığı (S_l) bitki sıra aralığının (S_s) iki katına eşit olur (Şekil 7b) ve ıslatılan alan yüzdesi yine (3) nolu eşitlikle hesaplanır.

Sık ekilen veya dikilen, sebze veya yer örtücüler söz konusu ise lateral boru aralığı (S_l) emitör aralığına (S_d) eşit olacak şekilde döşenir ve alanın tamamı ıslatılır (Şekil 7c).

Genç veya sık dikilen bodur meyve ağaçları söz konusu olduğunda genellikle her ağaç sırasına bir lateral boru hattı döşenir (Şekil 8a). Lateral boru hattı boyunca emitörler (2) nolu eşitlikte hesaplanan aralıktaki yerleştirilir. Böylece ağaç sırası tamamen ıslatılır, kuru alan ağaç sıra aralığında kalır. ıslatılan alan yüzdesi daha önce verilen (3) nolu formülle hesaplanır.

Büyük ağaçların sulanmasında, her ağaç sırasına iki lateral boru hattı döşenir (Şekil 8b). Her ağaç sırasında lateral boru aralığı (S_l), emitör aralığına (S_d) eşit olacak biçimde ağaçların iki tarafına yerleştirilir. Böylece, ağaç sırası boyunca, nemin homojen dağıldığı geniş bir ıslak şerit elde edilir. Bu durumda ıslatılan alan yüzdesi;

$$P = 100 \cdot 2 \frac{S_d}{S_s} \quad (4)$$

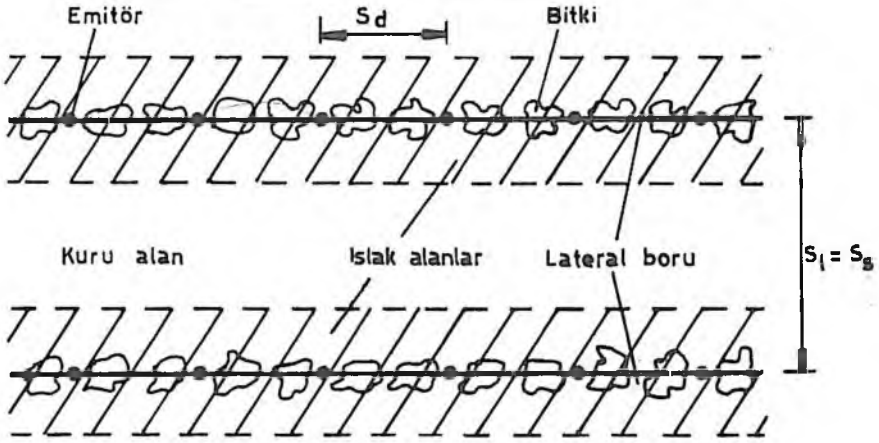
formülünden hesaplanır. Burada;

P = ıslatılan alan yüzdesi (%),

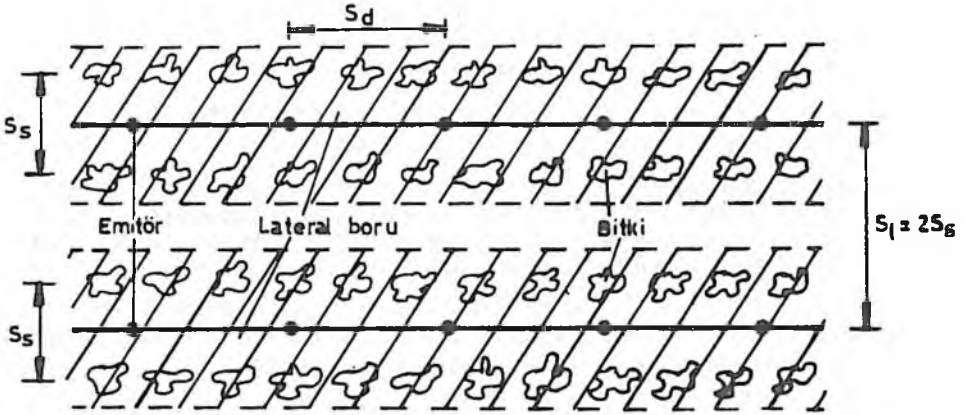
S_d = Emitör aralığı (m),

S_s = Ağaç sırası aralığı (m)

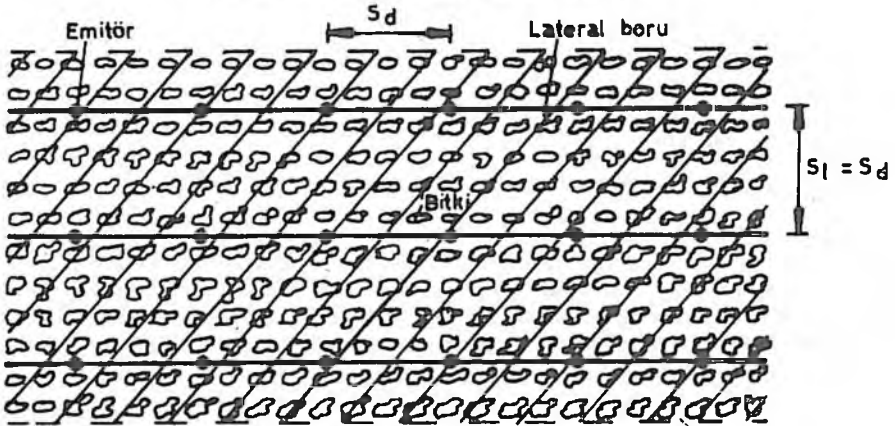
Geniş aralıklarla dikilen olgun ağaçlarda her ağaç sırasına bir lateral boru döşenerek, her ağaç için birçok ayrı emitör yerleştirilebilir (Şekil-9a). Emitördeki her akışa küçük çaplı "mikro boru" veya "spagetti boru" monte edilerek su çıkış noktaları, ağaç gövdesi etrafında eşit aralıklarla yerleştirilir. Böylece her ağacın altında daire biçiminde ıslak bir alan oluşturulur. Ağaç sıraları arasında olduğu gibi, sıra üzerindeki ağaçlar arasında da ıslatılmayan kuru alanlar kalabilir. Bu durumda ıslatılan alan yüzdesi;



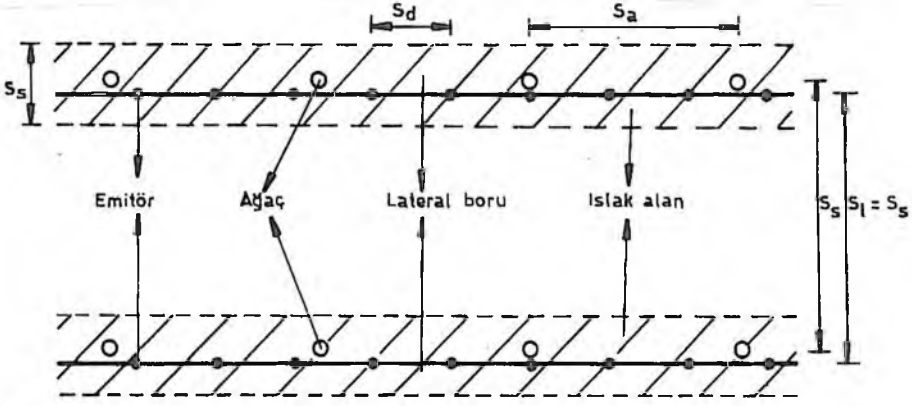
a) Bitki sıra aralığı damlatıcı aralığından büyükse



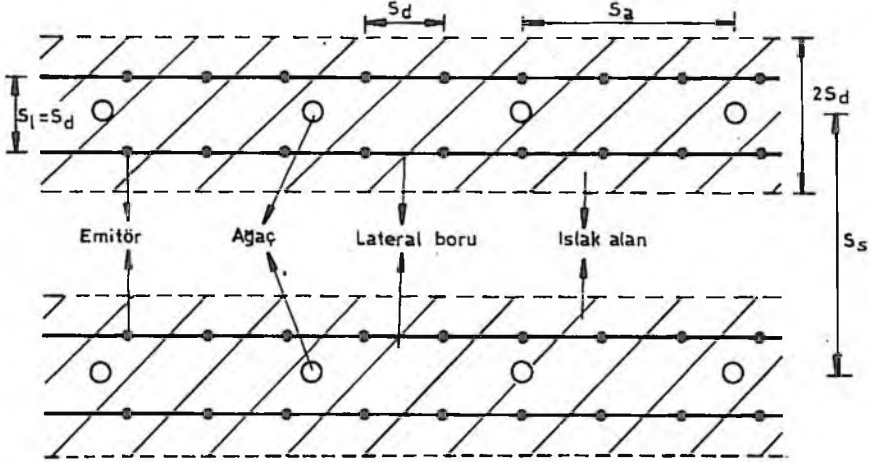
b) Bitki sıra aralığı damlatıcı aralığından küçükse



c) Sık ekim ya da dikim söz konusu ise



- a) Her ağaç sırasına bir lateral boru döşeniyorsa lateral boru aralığı (S_1), bitki sıra aralığına (S_2) eşit olur.



- b) Her ağaç sırasına iki lateral boru döşeniyorsa, lateral boru aralığı (S_1), emitör aralığına (S_d) eşit olur.

Şekil 8: Meyve ağaçlarının sulanmasında lateral boruların döşenme biçimleri.

$$P = 100 \frac{n S_{\xi}^2}{S_a S_s} \quad (5)$$

formülünden hesaplanır. Burada;

P = Islatulan alan yüzdesi (%),

n = Bir ağaca düşen emitör çıkış sayısı (adet),

S_{ξ} = Su çıkış noktası aralığı (m),

S_a = Sıra üzerinde ağaç aralığı (m)

S_s = Ağaç sıra aralığı (m)

Geniş aralıklarla dikilmiş olgun ağaçların sulanması, her ağaç sırasına bir lateral boru hattı döşemek ve her ağacın gövdesinin etrafına daire biçiminde daha küçük çaplı ikincil bir lateral boru hattı yerleştirilerek de yapılmaktadır. Emitörler, bu ikincil lateral boru hattı üzerinde bulunurlar. Böylece her ağacın altında daire biçiminde bir alan ıslatılır. Buna salkım tertip biçimi de denir (Şekil 9b).

Bu sulama şeklinde sıra üzerindeki ağaçlar arasında ve sıralar arasında kuru alan kalabilir, ıslatılan alan yüzdesi;

$$P = 100 \frac{n S_d^2}{S_a S_s} \quad (6)$$

formülünden hesaplanır. Burada;

P = Islatılan alan yüzdesi (%),

n = Bir ağaca düşen emitör çıkış sayısı (adet),

S_d = Emitör aralığı (m),

S_a = Sıra üzerinde ağaç aralığı (m),

S_s = Ağaç sıra aralığı (m)'ni

gösterir.

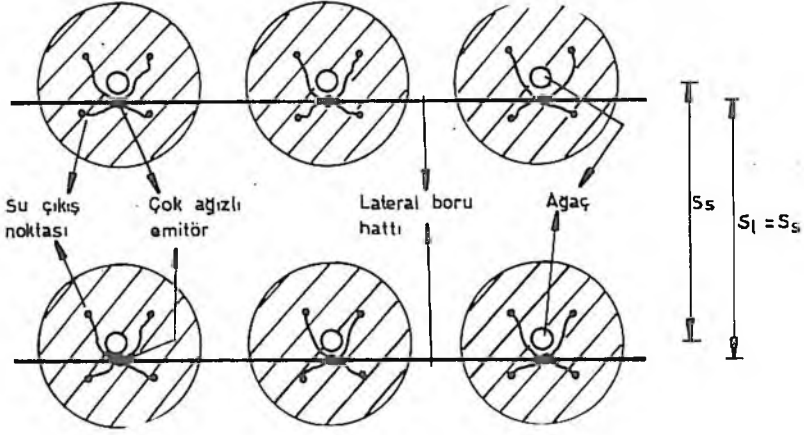
Damla sulama sisteminin uygulandığı alanlarda, ıslatılan alan yüzdesi minimum % 30 olmalıdır ($P > \% 30$). Islatılan alan yüzdesi bu değerin altına düşmemelidir. Aksi takdirde bitki kök bölgesinin tamamının ıslatılmaması sorunu ile karşılaşılabilir (YILDIRIM 1993).

4. SULAMA SÜRESİ VE ARALIĞININ SAPTANMASI

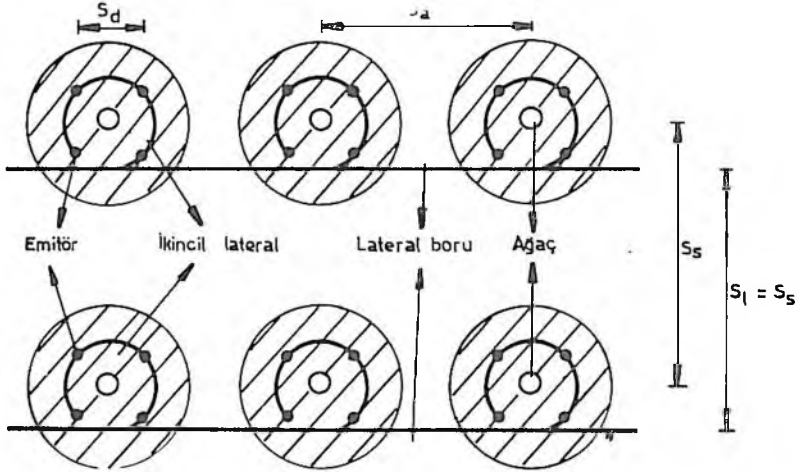
Damla sulama sisteminin, haftada kaç kere ve ne kadar süre ile çalıştırılacağı toprağın tipine göre değişir (Tablo 1).

Tablo 1: Toprak tipine göre sulama sıklığının ve süresinin değişimi

Toprak Tipi	Haftalık Sulama Sayısı	Debisi 1 galon/saat olan emitörün her sulama devresinde çalışma süresi
Balçık	2 kere	3 - 4 saat
Normal	3 kere	2 - 3 saat
Kumlu	4 kere	2 - 3 saat



a) Olgun ağaçların çok ağızlı emitörlerle sulanma şekilleri



b) Salkım tertip biçimi

Şekil 9: Geniş aralıklarla dikilen olgun ağaçların damla sistemle sulama şekilleri

- Sulama yapılacak sahanın toprak tipi balçık ise, haftada iki kere sulanması gereklidir. Çünkü, balçık tipi topraklar, normal ve kumlu topraklardan daha fazla nem tutarlar.

- Sahanın toprak tipi, normal topraktan oluşuyorsa, haftada üç kere sulanmalıdır. Çünkü, organik maddece zengin olan toprakların gözenekleri balçık topraklardan daha büyüktür. Bu nedenle, bu tip topraklarda su daha hızlı hareket eder ve toprak daha çabuk kurur.

- Sahanın toprak tipi kumlu ise, haftada dört kez sulanmalıdır. Çünkü bu tip toprakların gözenekleri daha büyük olduğu için su çok hızlı hareket eder ve bu tip topraklar çabuk kurur.

Sulama aralığının belirlenmesinde, toprak tipi yanında bitkinin su ihtiyacının da bilinmesi gereklidir. Bitkinin su ihtiyacının belirlenmesinde, bitkinin türüne, çapına göre değişik iklim yörelerindeki su ihtiyacını veren tablolardan yararlanılır (Tablo 2).

Büyük sulama alanlarında, bitki cinslerine veya toprağın tipine göre, sahayı değişik sulama bölgelerine ayırarak sulamanın yapılması çok daha iyi sonuç verir.

Emitörlerin sayısını belirleyebilmek için, bitkinin su ihtiyacını veren tablolardan, bitkinin günlük su ihtiyacı (galon/gün) bulunur. Bu günlük su ihtiyacı 7 ile çarpılarak, bitkinin haftalık su ihtiyacı (galon/hafta) hesaplanır. Hesaplanan haftalık su ihtiyacı, toprak tipine göre haftada sulanacak miktara bölünürse (Tablo 1'den) her sulama sırasında toprağa verilecek su miktarı (deşarj) bulunmuş olur. Bulunandeşarj miktarı, her sulama devresinde sisteminin çalışacağı süreye (saat) (Tablo 1) bölünürse akış hızı (debi) bulunur ki bu da debisi 1 galon/saat olan emitör sayısına eşit olur.

Tablo 2: Sıcak iklim bitkilerinin su ihtiyacı

İklim	Bitki su ihtiyacı	1 Ft ² alana veyal Ft çapı sahip bitkiler	Ft olarak bitki çapı										
			1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14
İklim: Sıcak, 90-100°C ortalama sıcaklık, orta ile çok rutubetli	Bol su ihtiyacı olanlar, herdem yeşil ve meyve ağaçları, küçük çalılar, yer örtücüler ve çiçekler	0.23	0.5	0.8	1.2	1.7	3	4.6	7	12	19	27	36
	Mutedil su ihtiyacı olanlar, rutubetli iklim koşullarına uygun yeni dikilmiş yerli bitki, ağaç ve çalılar	0.16	0.3	0.5	0.8	1.2	2.1	3.2	4.7	8	13	19	25
	Az su ihtiyacı olanlar, bazı yerel bitkiler	0.09	0.2	0.3	0.5	0.7	1.2	1.9	2.7	4.7	8	11	15

Not: Bu tablolar değişik iklimlere göre hazırlanmıştır. Ancak, sayısı fazla olduğu için bu tablo örnek olarak verilmiştir.

Büyük sulama alanlarında, bitki cinslerine veya toprağın tipine göre, sahayı değişik sulama bölgelerine ayırarak sulamanın yapılması çok daha iyi sonuç verir.

Emitörlerin sayısını belirleyebilmek için, bitkinin su ihtiyacını veren tablolardan, bitkinin günlük su ihtiyacı (galon/gün) bulunur. Bu günlük su ihtiyacı 7 ile çarpılarak, bitkinin haftalık su ihtiyacı (galon/hafta) hesaplanır. Hesaplanan haftalık su ihtiyacı, toprak tipine göre haftada sulanacak miktara bölünürse (Tablo 1'den) her sulama sırasında toprağa verilecek su miktarı (deşarj) bulunmuş olur. Bulunandeşarj miktarı, her sulama devresinde sistemin çalışacağı süreye (saat) (Tablo 1) bölünürse akış hızı (debi) bulunur ki bu da debisi 1 galon/saat olan emitör sayısına eşit olur.

Yukarıdaki açıklamalar daha somut hale getirilirse;

- Çapı 3 ft olan herdem yeşil bir bitkinin günlük su ihtiyacı (Tablo 2'den) 1.7 galon/gün
- Balçık toprağın sulama sıklığı (Tablo-1'den) 2 kez
- Balçık toprağın sulama süresi (Tablo-1'den) 3saat olarak alınırsa
- Bitkinin haftalık su ihtiyacı=1.7 galonx7=11.9 galon/hafta
- Her sulama devresinde toprağa verilecek su miktarı (deşarj)=

$$\frac{\text{Haftalık su ihtiyacı}}{\text{Sulama sıklığı}} = \frac{11.9 \text{ galon/hafta}}{2} = 5.95 \text{ galon}$$

(Her sulama devresinde)

- Akış hızı (debisi 1 galon/saat olan emitörlerin sayısı)

$$\frac{\text{Haftalık su ihtiyacı}}{\text{Sulama sıklığı}} = \frac{5.95 \text{ galon}}{3 \text{ saat}} = 1.98 = 2 \text{ galon/saat}$$

Hesaplamalardan da anlaşılacağı üzere bitkinin ihtiyacı olan suyu bitkiye verebilmek için, bitki başına debisi 1 galon/saat olan emitörlerden 2 adet veya debisi 2 galon/saat olan emitörlerden 1 adet emitör kullanılmalıdır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılan damla sulama sisteminin başarılı olabilmesi için, her şeyden önce sulama sistemini planlarken ve/veya sulama sıklığı, sulama süresi ve her sulama süresinde toprağa verilecek su miktarını hesaplarken aşağıdaki hususların gözönünde bulundurulması gereklidir. Aksi takdirde sistemin başarı şansı azalır. Bu hususlar şu şekilde sıralanabilir:

- Bitkilerin yaşama ve büyümeleri için gerekli olan suyu sürekli bir şekilde verebilmek için, sulama sistemi yapılacak sahanın toprak yapısının çok iyi bir şekilde etüd edilmesi gereklidir. Çünkü, sulama sisteminden akacak suyun debisi ve hızı toprağın infiltrasyon oranıyla, dolayısıyla toprağın yapısıyla ilgilidir.

- Sulama sistemi yapılması düşünülen sahaya, ekilecek veya dikilecek bitkilerin su ihtiyaçlarının çok iyi bir şekilde hesaplanması gereklidir. Diğer bir ifade ile evapotranspirasyonun en yüksek olduğu, gündüzlerin uzun ve sıcaklığın en yüksek olduğu dönem dikkate alınmalıdır. Aksi takdirde bitki bu aylarda kuruma tehlikesiyle karşılaşır.

- Balçık topraklar gözenek çapları küçük olduğu için derine inen her ft uzunluk için diğer topraklara göre daha fazla su tutar, ancak tuttukları suyu da kolay kolay bırakmazlar. Dolayısıyla bu tip topraklarda, gözenekler içinde sıkı bir şekilde tutulan suyun bitkiler tarafından alınması da zorlaşır. Bu nedenle, bu tip toprakların diğer topraklara göre daha fazla sulanması gereklidir.

- Balçık topraklar suya doymuş hale geldikleri zaman toprak içindeki havanın çoğu su tarafından dışarı itilir. Dolayısıyla, bu tip topraklar uzun zaman suya doymuş halde kalırsa, bitki oksijen yetersizliği ile karşılaşır. Bu nedenle, bu tip topraklarda dışarı itilen havanın tekrar toprak içine girebilmesi için daha seyrek sulanması gereklidir.

- İnfiltrasyon oranı düşük topraklarda damla sulama sistemi planlanırken, yüzeysel akışın meydana gelmemesi için debisi 2 galon/saat'den daha büyük olan emitörlerin kullanılmaması gere-

kir. Debisi, 1, 1 1/2 ve 2 galon/saat olan emitörler çoğu peyzaj bitkilerinin ihtiyacı olan suyu karşılayabilir. Meme çapı çok küçük olan emitörler fazla takımları nedeniyle fazla kullanılmamalıdır.

- Kumlu ve normal topraklarda (balçık, kum ve organik maddeler karışımından oluşan toprak) gözenek çapları büyük olduğu için su ve havanın toprak içinde daha hızlı hareketi mümkündür. Bu nedenle, bu tip topraklar balçık topraklara göre daha sık sulanmalıdır.

Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda planlanacak bir damla sulama sisteminin başarı şansı da daha yüksek olur.

KAYNAKLAR

MELBY, P. 1988: *Simplified Irrigation Design*. VNR, New York.

SEÇKİN, Ö.B. 1993: *Damla Sulama Sistemi (İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi)*.

SEÇKİN, Ö.B. 1994: *Peyzaj Uygulama Tekniği. Ders Notları, İstanbul*.

YILDIRIM, O. 1993: *Bahçe Bitkileri Sulama Tekniği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No. 1281, Ankara*.