

TARLA SULAMA SİSTEMLERİNİN SEÇİMİNDE DİKKATE ALINMASI GEREKEN TEMEL ETMENLER

Mehmet APAN (1)

ÖZET

Hızla artan dünya nüfusunun yiyecek ve giyecek gereksinmesinin karşılanmasında sulu tarım, modern tarım teknikleri yanında önemli bir yer tutmaktadır. Tüm canlı varlıklar gibi bitkilerin de gelişmek ve ürün vermek için suya gereksinimleri vardır. Tarım alanlarından en iyi şekilde yararlanmak ve yüksek verim elde edebilmek için bu gereksinimin bir kısmının sulama ile sağlanması zorunludur.

Sulama genel bir tanımla, kültür bitkilerinin optimum gelişmeleri için gerekli olan fakat doğal yollarla karşılanmayan eksik suyun çeşitli şekillerde toprağa verilmesidir. Sulama, yağış miktarının yetersiz ve düzensiz olduğu bölgelerde bitkisel üretimde artışı sağlayan ve üretimi güvence altına alan bir üretim ögesidir.

Her tarım alanının birçok özelliğinin farklı olması nedeniyle suyun bitki kök bölgesi toprağına uygulanma biçimi de farklı olur. Genel olarak seçilecek sulama yönteminin bazı koşulları yerine getirebilmesi istenir. Bu koşullar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- a) Üniform bir su dağılımı sağlanabilmeli,
- b) Derine sızma kayıpları ve yüzey akışları minimum kılınabilmeli,
- c) Toprak erozyonuna neden olmamalı,
- d) Tarımsal mekanizasyonu engellememeli,
- e) Tuz sorunu olan yerlerde, su dağıtımını tuzların yıkanmasını sağlayabilmelidir.

Bugün uygulanan sulama yöntemleri içerisinde, yukarıda açıklanan hususları yerine getirebilen tek bir yöntem yoktur. Kullanılmakta olan sulama yöntemlerinin birbirine göre yararlı ve sakıncalı yönleri vardır. Bu nedenle, koşullara uygun olan sulama yönteminin seçilmesi zorunludur.

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü Öğretim Üyesi.

Kültür bitkilerinin gelişimi için gerekli olan suyun toprağa verilmesinde uygulanan yöntemler dört ana grupta toplanabilir. Bunlar: a) Yüzeysel sulama yöntemleri, b) Toprak altı sızdırma yöntemi, c) Yağmurlama yöntemi ve d) Damla sulama yöntemi'dir.

Bir tarla sulama sisteminin seçiminde ve planlanmasında mevcut kaynakların bir envanterine gereksinim vardır. Sulanan tarlanın büyüklüğüne bakılmaksızın, tarla üretim potansiyelinde etkili olan su kaynağı, toprak, iklim ve topoğrafik durumun ayrıntılı olarak incelenmesi gerekir. Bu kaynaklar tarla sulama sistemlerinin seçiminde etkili olan bitki, mevcut işçi ve enerji, pazarlama durumu, ekonomik fizibilite, çiftçilerin parasal durumları ve tercihleri gibi diğer kaynaklarla birlikte değerlendirilmelidir. Bu nedenle planlama sürecinin başlangıç adımı, verilen tarla için geçerli sulama metodunun belirtilmesinde gereksinilen parametrelerin saptanmasıdır.

Bu derlemede, tarla sulama sistemlerinin seçimi ve planlanmasında dikkate alınması gereken etmenler incelenerek, her bir etkene göre sulama yöntemlerinin seçimi açıklanmıştır.

1. Temin Edilen Su

Su kaynağının karakteristikleri tarla sulama sisteminin seçiminde önemli bir etkiye sahiptir. Su kaynağının yeri, mevcut su miktarı, su miktarının zaman içerisindeki dağılımı ve suyun niteliği gibi etmenler uygulanabilir tarla sulama sistemlerinin belirtilmesinde ve planlanmasında etkilidir.

Su kaynağı etkeninin analizinde aşağıdaki sorulara cevap aranmalıdır.

- 1- Gerekli miktardaki suyu kaynaktan tarlaya getirmenin maliyeti nedir?
- 2- Akım miktarı uzun tava yöntemi ile sulama için yeterli büyüklükte midir?
- 3- Mevcut su, yetiştirilen bitkilerin gelişme mevsimi süresindeki su gereksinmelerini karşılamak için yeterli midir?
- 4- Suyun niteliği sulama yönteminin seçiminde etkili olacak mıdır?

1.1 Su Kaynağı

Sulamada kullanılan su, bir yeraltı su kaynağından veya yerüstü su kaynağından sağlanabilir. Bir tarlaya yüzeysel kaynaklarından suyun sağlanması, akarsu ve derelerden saptırma ile veya göl ve havuzlardan pompaj yardımıyla ya da bir sulama şebekesinin su dağıtım yapısından alınması şeklinde olabilir. Sulama suyu, yüzeysel su kaynakları olan akarsu ve derelerden gravite yoluyla sağlanabilir. Günümüzde yüzeysel su kaynağından suyun alınmasında pompaj da kullanılmaktadır. Suyun bir sulama şebekesinden tarlaya alınması gravite ile bir açık kanaldan veya kapalı bir boru sisteminden basınçlı su alımı şeklinde olabilir. Suyun kapalı bir

boru sisteminden alınması durumunda suyun tarlaya alındığı kısımdaki basınç değeri tarla sulama sisteminin seçiminde etkili olabilir.

Sonuç olarak, tarla seviyesine oranla az bir statik yükseklikte olan kaynaktan suyun sağlanması durumunda yüzey sulama yöntemlerinin seçimi, suyun alındığı noktadaki basınç değerinin yağmurlama veya damla sulama sistemlerinin çalıştırılması için yeterli olduğu durumlarda, bu sulama sistemlerinin seçimi daha uygun olabilir.

Kuyular açılmak suretiyle yeraltı su kaynağından pompajla sağlanan yeraltı suyu da sulamada kullanılabilir. Sulama amacıyla yeraltı su kaynağından suyun sağlanması için kuyuların açılması ve işletilmesi daha çok münferit çiftçiler tarafından yapılmakla birlikte bazı sulama şebekelerine suyun bir kısmının veya tamamının sağlanmasında da kuyulardan yararlanılabilir. Kuyunun bir çiftçi tarafından açılması durumunda, kuyunun açılma masrafı, tarla sulama sisteminin seçiminde, temin edilen suyun miktarı ve niteliği kadar önemli bir etmendir.

Sulama suyunun kuyulardan sağlandığı yerlerde, sulama sisteminin seçiminden önce kuyu verimi, sulanan alana basma yüksekliği ve sürtünme kaybı ile yeraltı su kaynağının uzun dönemdeki güvenilirliği ayrıntılı olarak incelenmelidir. Tarlanın sulanması için ayrıca bir depolama tesisinin yapımına gerek olup, olmadığına karar verilebilmesi için kuyunun optimum veriminin bilinmesi gerekir. Bir kuyudan istenilen miktarda sağlanan suyun uzun dönemdeki güvenilirliği, sulama sistemi için yatırım masrafının kullanılmasında emin olmada önemli bir özelliktir. Eğer suyun uzun devredeki güvenilirliği şüpheli ise, çiftçi bu riskten kaçınmalıdır. Toprak yüzeyinden itibaren suyun basıldığı yükseklik pompaj sisteminin toplam manometrik yüksekliğinin belirtilmesinde önemli bir etmendir. Sistemin toplam manometrik yüksekliği, kuyudan toprak yüzeyine kadar olan emme yüksekliğini, pompa içinde, ek yerlerinde ve borulardaki sürtünme kayıplarını, yüzeydeki topoğrafik yükseklik farklarını ve yağmurlamada olduğu gibi tarla sulama sistemi için gereksinilen işletme basıncını kapsar.

Sulama suyunun bir kuyudan sağlanması durumunda, genellikle su borularla taşınır ve bu durumda enerji ücretleri yüzey sulama yöntemleriyle yağmurlama yöntemi arasında tercih yapılmasında temel etken olur.

1.2 Suyun Miktarı

Sağlanan potansiyel su miktarı ve işletme yöntemi bir sulama sisteminin seçiminde ve planlanmasında etkili olabilir. Uygulanabilir alternatif tarla sulama sistemlerinin saptanmasında sulama mevsimi süresince mevcut akım miktarı ve suyun tarlaya tahsis edilen mevsimlik miktarı hakkında bilgiye gerek duyulur. Kuyunun normal verimi, düşük akım devreleri ve havuzun depolama hacmi gibi fiziksel durumların sınırlılığı akım miktarını veya sulama için mevcut suyun mevsimlik hacmini sınırlayabilir.

Sulanacak alan genişliğine oranla mevcut sulama suyu miktarının az olması durumunda seçilecek olan sulama yöntemi, suyun en randımanlı bir şekilde uygulanmasına olanak veren bir yöntem olmalıdır. Genel bir kural olarak yağmurlama; damla ve toprakaltı sulama yöntemlerinde yüzey sulama yöntemlerine oranla daha az su kullanıldığı kabul edilir. Bu nedenle kaynaktan sağlanan su miktarının sınırlı olduğu yerlerde yüzey sulama yöntemlerinin yerine suyun daha randımanlı kullanıldığı yöntemlerin seçimi önerilebilir.

Yüzey sulama yöntemlerinde belli bir alan için gereksinilen su miktarının fazlalığı yanında, her parselde uygulanacak su debisinin de büyük olması gereklidir. Tarla başında 25 L/s'den daha az su debisinin olması dar tava genişliklerinin kullanılmasına neden olduğundan bu yöntemin seçilmesi uygun olmayabilir. Yağmurlama yönteminde ise daha az bir akım miktarı ile başarılı ve randımanlı bir sulama yapılabilir. Genel bir ölçüt olarak, tarla başında temin edilen suyun 25 L/s'den daha az olması durumunda yağmurlama ve karık yöntemlerinin seçilmesi, 100 L/s'den daha fazla olması durumunda tava yönteminin seçimi daha uygun olabilir. Akım miktarının tarla sulama sisteminin seçiminde etkili olması nedeniyle, sulama şebekesindeki suyun işletilme yöntemi de tarla sulama yönteminin seçiminde etkili olabilir. Rotasyon yönteminin uygulandığı yerlerde olduğu gibi tarla başında büyük akım debilerinin sağlanması durumunda yüzey sulama yöntemleri seçilebilir.

Kaynaktan sağlanan akım miktarının, yüzey sulama yöntemlerinde randımanlı bir sulama için gerek duyulan akım miktarını veya bitki su tüketiminin maksimum olduğu devredeki gereksinmeyi karşılayamadığı durumlarda, tarlada depolama yoluyla yeterli su debisi sağlanabilir. Tarla sulama sistemlerinin seçiminde toplam su miktarı ile akım miktarının birlikte dikkate alınması gereklidir.

1.3 Suyun Niteliği

Mevcut suyun kimyasal bileşimi yetiştirilebilecek bitki çeşidini ve toprağın suyu drene edebilme özelliğini etkileyebilir. Su içerisinde mevcut bazı kimyasal bileşenler sulama sisteminde metal borular kullanılması durumunda korozyon sorununu yaratabilirler.

Sulama suyunda normalin üzerinde tuz bulunması durumunda, toprakta tuz birikimine neder olmayacak bir sulama yöntemi seçilmelidir. Sulama suyunda tuz miktarı fazla olduğunda, tuzların fazla su ile derinlere doğru hareketini sağlayan göllendirme yöntemi seçilebilir. Karık yöntemi ile sulamada, su karıklardan yukarı doğru kapillarite ile yükselerek, iki karık arasındaki yüksek kısımlarda tuz birikimine neden olur. Toprakaltı sulama yönteminin uygulanması durumunda, suyun yukarı doğru hareketi sonucu, toprak yüzeyine yakın kısımlarda tuz birikimine neden olabilir. Bu durumda, karık ve toprakaltı sulama yöntemlerinin seçiminden kaçınılmalıdır. Sulama suyunun tuzlu olması durumunda, büyük ka-

pasiteli yağmurlayıcıların kullanılması koşuluyla, yağmurlama yönteminin seçilebileceği düşünülebilir. Ancak, yağmurlama ile tuzlu suyun bitki yaprakları üzerine düşmesi, çoğu kez zararlara neden olabilir. Dolayısıyla, yağmurlama yönteminin seçimi de uygun olmayabilir.

Su içerisinde taşınan sediment de tarla sulama sisteminin seçiminde etkili olabilir. Ağır sediment yükü taşıyan suyun kullanılması durumunda damla yönteminde filtrasyon gereksinimi artar. Sediment yükü taşıyan su, pompa, boru ve yağmurlayıcı gibi sulama sistemi elemanlarında yıpranmayı artırarak yararlı ömürlerinin azalmasına neden olabilir. Bu nedenle içinde silt, yosun ve yabancı ot tohumu gibi maddelerin bulunduğu suların sulamada kullanılması durumunda; yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin yerine yüzey sulama yöntemleri tercih edilebilir.

Kanalizasyon sularının karıştığı suların sulamada kullanılması sağlık yönünden bazı sorunlar doğurabilir. Bu nedenle, su ile temas eden kısımları yeşil olan ve pişmeden yenebilen bitkilerin sulanmasında bu tür sular kullanılmamalıdır. Sulama suyuna kanalizasyon sularının karışması tarla sulama sisteminin seçiminde de etkilidir. Örneğin, bağlar ve meyva ağaçlarının bu tür sular kullanılarak yağmurlama yöntemiyle sulanmasının sağlığa zararlı olmasına karşın, kark yöntemiyle sulanmasında bir sakınca olmayabilir.

2. Topraklar

Topraklar, tarımsal üretim için gerekli temel girdilerden birisidir. Tekstür, strüktür, derinlik, tuzluluk, infiltrasyon hızı ve su tutma karakteristikleri gibi toprak etkenleri tarla sulama sisteminin seçiminde etkilidir. Bunlardan başka, topoğrafik yapı ile toprağın su ve rüzgar tarafından erozyona uğrama durumu da tarla sulama sisteminin seçiminde ve planlanmasında etkilidir.

2.1 Toprak Tekstür ve Strüktürü

Bir toprağı oluşturan farklı büyüklükteki tanelerin yüzdesi toprağın tekstür sınıfını belirtir. Toprak tanelerinin büyüklükleri etkili tané çapı ile ölçülür ve buna göre çakıl, kum, silt ve kil gibi ana tekstür gruplarına ayrılırlar. Toprağın tekstürel karakteristikleri toprağın su tutma kapasitesi ve infiltrasyon hızı üzerinde etkili olması nedeniyle tarla sulama sistemlerinin seçiminde etkilidir.

Toprak tekstürü, toprak partiküllerinin agregalaşma derecesini gösterir. Kaba tekstürlü topraklarda bu partiküllerin teksel yapıya meyilli olmasına karşılık, ince tekstürlü topraklarda agregalaşmış partiküller granül yapıya meyillidir. Bu partiküllerin büyüklüğü ve şekli ile stabiliteyi toprak strüktürü olarak tanımlanır. Temel olarak toprak strüktürü ıslanma-kuruma, donma-çözülme ve bu durumların kombinasyonu sonucu gelişir. Topraktaki organik maddenin ana fonksiyonu, toprak agregatlarının stabilitelesini artırmak ve arazi işlemenin etkilerini

azaltıcı yönde hizmet etmektedir. İyi bir bitkisel üretim için iyi bir toprak strüktürünün muhafazasının, kimyasal dengenin muhafazası kadar önemli olduğu kabul edilir. Toprak strüktürü infiltasyonda etkili olması nedeniyle tarla sulama sistemlerinin seçimi ve planlanmasında da etkilidir.

2.2 İnfiltrasyon Hızı

Tarla sulama sistemlerinin seçiminde etkili olan en önemli etmenlerden birisidir. Toprağın infiltrasyon hızı, yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinde suyun uygulanma hızının saptanmasında olduğu kadar, yüzey sulama yöntemlerinde uzun tava boyutlarını ve akış uzunluğunu da kontrol eden bir etmendir. İnfiltrasyon, yüzey akış ve erozyon önlemede önemli bir planlama parametresidir.

Genel olarak; düşük infiltrasyon hızı bütün yüzey sulama yöntemlerinde daha büyük tava ve karık boyutlarının kullanılması olanağını sağlar. Büyük karık ve tava boyutlarının kullanılması, ekonomik yararları nedeniyle istenilen bir durumdur. İnfiltrasyon hızı çok düşük olan topraklarda meyilin de fazla olması durumunda yüzey akışı şeklindeki su kaybı fazla olur. Bu durumda, uygun sulama miktarı ve su uygulama oranının kontrol edilebildiği yağmurlama yöntemi yüzey sulama yöntemlerine tercih edilebilir. İnfiltrasyon hızının çok yüksek olduğu topraklarda, yüzey sulama yöntemlerinin uygulanması durumunda ekonomik olmayan kısa tava ve karık boyutlarının kullanılması zorunluluğu doğar. Kısa boyutların kullanılmaması durumunda üniform bir su dağılımı sağlanamaz ve derine sızma şeklindeki su kaybı fazla olur.

Genel bir ölçüt olarak, infiltrasyon hızı 1,25 cm/h'ten az olan topraklarda yüzey sulama yöntemlerinin uygulanması 7,5 cm/h'ten fazla olan topraklarda yağmurlama yönteminin uygulanması daha uygundur. İnfiltrasyon hızları bu iki sınır arasında olan topraklarda gerek yüzey sulama yöntemleri, gerek yağmurlama yöntemi uygulanabilir.

Bazı toprakların su alma hızına, toprak yüzeyinde oluşan ve su geçirmesi az olan kabuk (kaymak) tabakasının etkisi fazla olur. Bu şekilde toprak yüzeyinde oluşan kabuk nedeniyle ilkbaharda ekilen tohumların çimlenmesi zor olur; çimlenenler de toprak yüzeyine çıkmakta gecikir. Örneğin, ağır damlalar halinde su serpen yağmurlama sistemiyle herhangi bir bitki örtüsünün bulunmadığı çıplak alanlarda sulama yapılırsa, damlalar darbe etkisi yaparak yüzeyde kabuk tabakasının oluşmasına neden olur. Bu koşullarda küçük damlalar şeklinde su püskürten yağmurlama başlıkları tercih edilir. Ancak, bu durumda da buharlaşma kaybı fazla olacağından sulama ekonomik olmayabilir. Aynı şekilde, salma sulamalar ve uzun tava ile çıplak alanların sulanması sonucu, su ile taşınan kolloidal maddelerin ve ince zerrelerin gözenekleri doldurması nedeniyle yüzeyde sert ve geçirimsizliği az olan kabuk tabakası oluşur. Bu tür alanların karık yöntemi ile

sulanması durumunda, suyun emilmesine zarar verecek oranda kabuk tabakası oluşmaz ve bu koşullarda karık yöntemi tercih edilebilir.

2.3 Toprak Derinliği ve Arazinin Topoğrafyası

Bir tarla toprağı yüzeyden başlayarak düşey yönde incelendiğinde, farklı toprak horizonları veya tabakalar görülebilir. Bazı durumlarda verimli toprak materyali altında uzanan sert bir tabaka, ağır kil, taba kum, çakıl veya kaya bulunabilir. Derin, homojen ve iyi bir strüktüre sahip olan orta tekstürlü topraklar, sulamalar arasında nispeten uzun bir devrede bitki gelişimi için gerekli olan yeterli miktardaki suyu depolayabilirler. Bugün derinliği 30 cm kadar olan topraklar da sulanmaktadır. Bu şekilde derinliği az olan topraklarda bitkinin etkili kök derinliği sınırlanmakta ve depolanabilen nem miktarı da az olduğundan sık aralıklarla sulama yapmak gerekmektedir.

Sulanan tarla arazisinin topoğrafyası tarla sulama sisteminin seçiminde önemli derecede etkilidir. Arazi eğimi, akış uzunluğunda ve uygulama için işçi gereksinimindeki etkisi nedeniyle yüzey sulama yöntemlerinin uygulanabilirliğini sınırlayabilir. Genel arazi eğiminden ayrı olarak arazi yüzeyi üzerindeki küçük arızalar, yüzey sulama sisteminin tesisi için arazi yüzeyi düzeltilmesi gereksiniminde etkili olabilir. Tesviyedeki kazı derinliği toprak profilinin verimli kısmını oluşturan üst toprak derinliğiyle sınırlıdır. Az derin toprakların olduğu yerlerde alternatif tarla sulama sistemleri, bu sistemlerin minimum arazi tesviyesi gereksinimi ile sınırlı olacaktır. Toprak derinliğinin yüzey sulama yöntemleri için gerekli olan arazi düzeltmesine yeterli olmadığı yüzlek topraklarda yağmurlama yöntemi yüzey sulama yöntemlerine tercih edilebilir.

2.4 Yararlı Su Tutma Kapasitesi

Topraktaki yararlı su tutma kapasitesi, her sulamada uygulanacak su miktarını ve sulama aralığını, başka bir anlatımla kaç günde bir sulama yapılması gerektiğini belirler. Genellikle, düşük su tutma kapasitesine sahip olan kaba bün-yeli topraklarda sık aralıklarla sulamaya gerek duyulmasına karşın, su tutma kapasitesi yüksek olan topraklarda daha seyrek aralıklarla sulama yapılabilir. Bu nedenle su tutma kapasitesi yüksek olan topraklarda yüzey sulama yöntemleri randımanlı bir şekilde uygulanabilir. Su tutma randımanı düşük olan ve sık aralıklarla sulamayı gerektiren topraklarda yağmurlama yönteminin uygulanması daha uygun olur.

2.5 Tuzluluk ve Drenaj

Topraktaki fazla tuzlar bitkinin filizlenmesini engeller veya geciktirerek bitki gelişimini geniş oranda azaltır. Bu etki toprak solüsyonunda yüksek osmotik basınç yaratarak bitkinin su alımını zorlaştırması, bazı iyonların zehirleyici etki

yapmaları veya dolaylı etki şeklinde olabilir. Tuzlu ve alkali toprakların olduğu yerlerde, bitki üretimine geçilmeden önce ıslah çalışmalarının yapılması önerilir. Islah çalışmasının yapıldığı devrede tuza dayanıklı bitkiler yetiştirilmeli ve seçilecek olan tarla sulama sistemi yıkama için gerekli olan suyu temin etmelidir. Bu nedenle, yıkamanın zorunlu olduğu alanlarda göllendirme yönteminin uygulanması daha uygun olur. Bu sulama yöntemi ile bol su uygulanarak derine sızmalarla topraktaki tuz oranı azaltılabilir.

Sulanan toprakların yüzey altı drenajının sağlanmış olması esastır. Toprak tuzluluğunun artmasını ve istenilmeyen taban suyu seviyesi yükselmesini önlemek için uygun yüzey altı drenajı gereklidir. Sulanan tarla topraklarının yüzey ve yüzey altı drenajının karakteristikleri, seçim sürecinde alternatif tarla sulama sistemlerinin analizinde ve planlanmasında etkilidir.

3. İklim-Bitki-Sulama Sisteminin Birbirlerine Etkileri

Bir tarlada yetiştirilen bitkiler su, toprak ve iklim durumuna göre seçilecektir. Seçilen bitkiler pazarlama olanaklarına sahip olmalı ve yüksek gelir sağlamalıdır. Alternatif sulama sistemlerinin seçiminde ve planlanmasında yetiştirilebilecek olan her bitkinin tarımsal isteklerinin iyi bilinmesi özellikle önemlidir. Ayrıca, seçilen tarla sulama sistemi yetiştirilen bitkilere uygulanabilir olmalıdır.

Sulama mevsiminde sık sık şiddetli rüzgârların mevcut olması, yağmurlama yönteminde üniform bir su dağılımını geniş ölçüde etkiler ve sulama randımanını azaltabilir. Bu durum, yağmurlayıcılar daha sık aralıklarla yerleştirilerek ve rüzgâr hızının fazla olduğu saatlerde sulama yapılmayarak önlenabilir. Ancak, gerek yağmurlayıcıların sık aralıklarla yerleştirilmeleri gerek belirli saatlerde sulama yapılması, yağmurlamanın maliyetini yükseltir. Buna karşılık, yüzey sulama yöntemleri rüzgârdan etkilenmezler. Sonuç olarak, şiddetli rüzgârların mevcut olduğu alanlarda yüzey sulama yöntemleri önerilebilir.

Yüksek sıcaklık ve düşük oransal nem, bir sulama sistemindeki buharlaşma kayıpları üzerinde etkilidir. Bu kayıplar yağmurlama yönteminde daha fazladır, ve % 15'e kadar yükselebilir. Diğer taraftan, aynı koşullarda yüzey sulama yöntemleriyle 10 cm su uygulanması durumunda, bu tür kayıpların % 2 dolayında olduğu saptanmıştır. Yüksek sıcaklık ve düşük oransal nem, buharlaşmayı artırdığı kadar bitkiden terleme ile olan kayıpları da artırır. Yüksek orandaki su tüketimi ise, her sulamada nispeten fazla su uygulanmasını gerektirir. Yukardaki koşullara en uygun yöntemler, yüzey sulama yöntemleri ile damla yöntemi olmaktadır.

Derin köklü bitkiler yüzlek köklü bitkilere oranla, topraktan daha büyük hacimde su alabilirler; bunun sonucu olarak daha az sıklıkta sulamaya gerek duyarlar. Ayrıca, bitki kök derinliğinin fazla olması durumunda her sulamada ıslatılacak toprak derinliği de fazla olur. Bunun doğal bir sonucu olarak her sulamada uygulanan su miktarı da fazla olur ve daha seyrek aralıklarla sulama yapılabilir. Sonuç

olarak derin köklü bitkilerin yüzey sulama yöntemleriyle sulanması, yüzlek köklü bitkilerin de yağmurlama, damla ve toprak altı sızdırma yöntemlerinden uygun olanıyla sulanmaları önerilebilir.

Mısır, şeker kamışı ve lif bitkileri gibi oldukça yüksek boylu bitkilerde yağmurlama yöntemiyle sulama kolaylıkla yapılamaz. Çünkü bu tür bitkiler, yağmurlayıcıların bitki boyundan yüksek olmaması durumunda, üniform bir su dağılımına engel olurlar. Ayrıca, yüksek boylu bitkiler, boruların taşınmasını da büyük oranda güçleştirirler. Genel olarak, yüksek boylu bitkilerin sulanmasında karık yöntemi tercih edilir.

Uygulanan tarım şekli nedeniyle bazı sulama yöntemleri bir kısım bitkilerin sulanmasında daha uygun olabilirler. Örneğin, hububat ve yonca gibi sık büyüyen bitkilerin sulanmasında tava yönteminin uygun olmasına karşın; patates, şeker pancarı gibi sıra bitkilerinin sulanmasında karık yöntemi daha uygundur. Karık yöntemi meyva ağaçlarının sulanmasında da uygun bir yöntemdir.

Yağmurlama yöntemi, sıra bitkileri ile sık büyüyen bitkilerin sulanmasında uygulanabileceği gibi, meyva ağaçlarının sulanmasında da uygulanabilir. Ancak, son durumda suyun meyva ağaçlarının dallarının altından uygulanması daha uygundur.

Bunlardan ayrı, bazı bitkilerin özel istekleri de belirli yöntemlerin uygulanmasını zorunlu kılar. Örneğin, çeltikte toprağın devamlı olarak su altında bulunması bitki özelliğinin doğal bir sonucu sayıldığından, yalnızca göllendirme yöntemiyle sulama yapılabilir.

4. İlk Yatırım Maliyeti ve İşçi Durumu

Su, arazi ve iklim kaynaklarına ek olarak mevcut para miktarı ve sistemin çalıştırılması için mevcut işçi miktarı da tarla sulama sisteminin seçiminde etkilidir.

Tarla sulama sistemlerinin inşasında gerek duyulan ilk yatırım masrafı sistemler arasında geniş oranda farklılık gösterir. Genel olarak bu tür masraflar su kontrolünün hassaslığı oranında artış gösterir ve bu kontrol elamanları işletme sırasındaki işçilik gereksinmesini azaltır. Özellikle başlangıç sermayesinin sınırlı olduğu durumlarda, mevcut para ve işçi miktarı tarla sulama sistemlerinin seçiminde önemlidir.

Bir sulama sisteminin gerçek tesis maliyeti zamandan zamana ve bölgeden bölgeye değişiklikler gösterir. Yüzey sulama yöntemlerinde ilk tesis masrafları, sulama suyunun temini, arazi tesviyesi, tava seddeleri, drenaj sistemleri, akedük ve köprü yapım masrafları ile kanallar ve seddeler tarafından işgal edilen kısımlardaki arazinin değerini içerir. İşçi ücretlerinin pahalı olmadığı yerlerde, yukarıda sıralanan elemanlardan traktörün ve ağır tesviye ekimanlarının masrafı, yüzey sulama yöntemlerinin ilk tesis masrafları içerisinde geniş bir yer tutar.

Yağmurlama yöntemiyle sulamada ise, ilk tesis masrafları, su temini veya kuyu açılması, pompa ve motorlar, borular, vanalar, püskürtücüler ve ölçme aletlerinin masraflarını içerir. Bazı gelişmiş ülkelerde, portatif lateral boruların taşınmasında kullanılan makineler de ilk tesis masraflarına eklenir. Genellikle, yağmurlama sistemlerinin ilk tesis masrafları yüzey sulama sistemlerinininkinden daha yüksektir. Damla sulama yönteminin ilk tesis masrafları yağmurlama yöntemininkinden daha fazladır.

Tarla sulama sisteminin seçiminde mevcut işçi miktarı ve teknik bilgi de etkilidir. İşçi sağlamanın güç olduğu veya işçilerin nispeten tecrübesiz ve pahalı olduğu yerlerde, az miktarda işçiye gerek duyulan sistemler seçilir. İşletme için daha az işçi gereksinimi olan birçok sistem daha fazla bakım ve onarım tecrübesine gereksinim duyar. Karar vermede bakım ve onarım için mevcut teknik bilgi seviyesinin de dikkate alınması gerekir.

Yağmurlama yöntemiyle sulamada, portatif boruların kullanılması durumunda, işçi ücretleri genel olarak yüzey sulama yöntemlerindekiinden daha fazladır. Yağmurlama yöntemindeki işçi ücretleri, sabit yağmurlama sisteminin kullanılmasıyla geniş oranda azaltılabilir. Aneak, bu durum da ilk tesis masraflarının yükselmesine neden olur.

5. Ekonomik ve Mali Fizibilite

Dünyada tarla sulama devalopmanı, bir hektardan küçük alanlardan başlayarak birkaç bin hektara ulaşan alanlarda yapılmaktadır. Ekonomik analizlerin kompleksliği ve gerekli sermaye miktarı, alanın büyüklüğü ile artış gösterir. İlk yatırım ve işletme masraflarının az olduğu küçük alanlarda devalopman çalışması basitleştirilebilir. Fazla miktarda ilk yatırımı gerektiren büyük alanlarda ayrıntılı bir inceleme yapılması gereklidir.

Bir sulama sistemi planlandığı zaman, ekonomik ve mali fizibilitenin birlikte değerlendirilmesi gerekir. Sulanan tarlanın devalopmanı ve işletmesi süresinde karşılaşılabilecek parasal durum tayin edilirken ekonomik fizibilitenin de değerlendirilmesi, devalopman planının ekonomik gelişme gücü ve uygulanabilir alternatifler arasından tarla sulama sisteminin seçimini tayin eder. Uygun alternatiflerden tarla sulama sisteminin seçimi, sistemin fiyatının veya kirasının, işletilmesinin ve çeşitli unsurlarının bakımının ekonomik ve parasal yönden karşılaştırılmasıyla tamamlanır. Analizler, tek bir çiftlikte yalnız bir tip sulama yönteminin kullanılmasını, büyük alanlarda ise farklı arazi ve bitki durumu için çeşitli yöntemlerin uygulanmasını içerebilir.

5.1 Ekonomik Fizibilite

Bir sulama sisteminin ekonomik fizibilitesinin analizinde, bitki üretiminden beklenen gelirlerin ve masrafların tümünün tahmini gereklidir. Ekonomik fizibi-

lite çalışmasının sonuçları bitki münavebe sistemi ve tarla sulama sisteminin seçimi için gerekli bilgiyi temin edecektir. Ekonomik fizibilitenin belirlenmesinde önerilen zaman aralığı olan yıllık gelir ve masraf değerlerinin saptanması gerekir. Yıllık masraf değerinin saptanmasında sulama sisteminin elemanlarının ömürleri dikkate alınarak amortisman miktarının ve bu elemanlar için yapılan yatırımın faiz miktarının belirlenmesi gerekir.

Dünyanın bazı yerlerinde sulama ekipmanları satın alınmak yerine kiralanabilmektedir. Bu durum, sulama ekipmanlarının bir kısmı veya tamamı için gereken ilk yatırım masrafını azaltabilir ve ekipmanların kiralanma masrafı yıllık masrafın bir kısmını oluşturur. İlk yatırım için mevcut para miktarının sınırlı olduğu yerlerde, sulama ekipmanının kira ile sağlanması cezbedici olabilir. Ancak kiralanma ücretinin, ekipmanın amortismanını, yatırımın faizini ve ekipman sahibinin uygun bir kârını kapsadığı unutulmamalıdır.

Yıllık sulama masrafı, sulama sisteminin yıllık yatırım masrafı veya kiralanma ücreti ile işletme ve bakım ücretlerinin tümünü kapsamalıdır. Bir sulama işletmesinin yıllık masraflarının belirlenmesinde aşağıda belirtilen birimlerin yıllık masraflarının dikkate alınması gerekir.

- 1- Suyun saptırılmasının yıllık masrafını da içeren su masrafı,
- 2- Tüm sulama elemanlarının amortismanı ve yatırımın faizini de içeren yıllık sabit masraflar,
- 3- Sulama sisteminin çalışması için gerekli enerji masrafı,
- 4- Sistemin çalışması, bakım ve onarımı için gerekli masraflar ile işçi masrafları,
- 5- Sulanan bitki ve tarımsal üretimin diğer masrafları,

Sistemin yararlı ömrü süresince yıllık masraflarını minimum kılan sulama sistemi elemanları seçileceği zaman, sabit ve değişen masrafların dikkate alınması, uygulanan genel bir yaklaşımdır.

5.2 Sabit Masraflar

Sabit masraflar, sistemin tesis maliyeti için yıllık olarak hesaplanan faiz ve amortisman değerlerinden oluşur. Bir sulama sistemi elemanlarının amortismanı, her bir elemanın yararlı ömürleri esasına göre bulunur. Çizelge 1'de çeşitli sulama sistemi elemanlarının yararlı ömürleri verilmiştir. Çizelgede verilen değerlerin, farklı fiziksel durumlara, onarım seviyesine, işletme ve bakım pratiğine ve yıllık kullanılma süresi gibi birçok etmene bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Yıllık masraf hesaplamaları yapılırken, sistemi oluşturan bazı elemanların analiz yapılan süreden daha kısa ömürlü olmaları durumunda, bu elemanları yerine koymak için de bir ödeme payı ayırmak gerekir. Bu hesaplamayı yapmak için önce, yenisinin ne zaman alınacağı belirlenir ve daha sonra bu elemanların

projenin başlangıcı sırasındaki değeri saptanır. Bir elemanın yenisinin fiyatına faiz oranının uygulanmasıyla hesaplanan değeri, o elemanın şimdiki değeri olarak tanımlanır. Hesaplama aşağıdaki şekilde yapılır ve bu değer başlangıç sermayesine eklenir.

Çizelge 1. Sulama Sistemindeki bazı elemanların servis ömürleri

Eleman	Servis ömrü		Yıllık bakım ve onarımı(%)
	Saat	Yıl	
Kuyu		20-30	0,5-1,5
Pompa evi		20-40	0,5-1,5
Düşey Türbinli Pompa			
Klavuz kovan	16 000-20 000	8-10	5-7
Kolon v.s.	32 000-40 000	16-20	3-5
Santrifüj Pompa Güç Ünitesi			
Elektrik Motoru	50 000-70 000	25-35	1,5-2,5
Diesel Motoru	28 000	14	5-8
Benzin Motoru			
Hava soğutmalı	8 000	4	6-9
Su soğutmalı	18 000	9	5-8
Açık tarla hendeği (sürekli)		20-25	1-2
Beton yapılar		20-40	0,5-1,0
Aspestli çimento ve PVC boru (gömülü)		40	0,25-0,75
Kapaklı alüminyum boru (yüzeyde)		10-12	1,5-2,5
Çelik boru (gömülü)		20-25	0,5-0,75
Çelik boru (yüzeyde)		10-12	1,5-2,5
Galvanizli çelik boru (yüzeyde)		15	1,0-2,0
Yağmurlamada kullanılan alüminyum boru (yüzeyde)		15	1,5-2,5
Damla yöntemindeki plastik boru (yüzeyde)		10	1,5-2,5
Yağmurlayıcı yükseltici		8	5-8
Damlatıcı		8	5-8
Damla yöntemindeki filtreler		12-15	6-9
Mekaniksel hareketli yağmurlayıcı		12-16	5-8

$$\$D = \frac{S}{(1+i)^n} = S \times \$DF,$$

$$\$DF = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Burada;

S = Elemanın yeni değeri,

i = Faiz oranı

n = Yıl

\$D = Şimdiki değer

\$DF = Şimdiki değer faktörü

Bir eleman için yapılan yatırımın amortisman değeri, amortisman faktörü ve şimdiki değeri kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$AF = \frac{i}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}, \quad AD = \text{ŞD} \times AF$$

Burada;

AF = Amortisman faktörü,

AD = Amortisman değeridir.

n = Kullanma ömrü (yıl)

5.3 Değişebilir Masraflar

5.3.1 Enerji Masrafı

Enerji masrafı, sulama için kullanılan yıllık enerji miktarı ve enerji birim fiyatından yararlanılarak hesaplanır. Pompaj için kullanılan yıllık enerji miktarı, bitki su tüketimi, su uygulama randımanı, pompa ve güç kaynağı randımanı ile toplam manometrik yüksekliğe bağlıdır. Yıllık pompaj enerjisi aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$PE = 23,42 \times A \times D \times H / E_i \times E_p$$

Burada;

PE = Pompaj enerjisi (Kcal)

A = Sulanan alan (ha)

D = Gereksinilen net sulama suyu (mm)

H = Toplam manometrik yükseklik

E_i = Su uygulama randımanı

E_p = Pompa randımanı

Enerji ücretleri de sulama yönteminin seçiminde etkindir. Enerji ücretinin yüksek olduğu yerlerde yüzey sulama yöntemleri, enerji ücretinin düşük olduğu yerlerde yağmurlama yöntemi tercih edilebilir.

5.3.2 İşletme ve Bakım Masrafları

İşletme masrafları, sistemin işletilmesi ile doğrudan doğruya ilişkili olan işçi ücretleri, sistemin çalışması ve taşınmasını içeren giderlerdir. Uygulanan sulama sisteminin karakteristikleri, otomasyon derecesi ve diğer kontrol birimleri; yetiştirilen bitkinin çeşidi, sulama sıklığı, uygulanan sulama miktarı ve suyun uygulanma süresi gibi birçok değişkeni içermektedir.

Sulama sisteminin yıllık bakım ve onarım masrafları, gerçek çalışma saatlerine, sulama sistemi elemanlarına ve işletme yöntemine geniş oranda bağlıdır. Yıllık bakım ve onarım masraflarının saptanmasında sulama sisteminin çeşitli elemanlarının yatırım masraflarının belirli bir yüzdesinin alınması uygulanan bir yoldur. Çizelge 1'de çeşitli elemanların yıllık bakım ve onarım masraflarının hesaplanmasında kullanılabilir yüzde değerler verilmiştir. Yüze sulama yöntemlerinde kanalların ve su yapılarının bakım ve onarımı ile derin sürümlerden sonra arazi yüzeyinin yeniden düzeltilmesi için yapılan masraflar bakım masrafı olarak nitelendirilir. Yağmurlama yönteminde ise, motor, borular ve püskürtücülerin onarımı ve kuyuların bakım işleri için yapılan masraflar bakım masrafıdır.

6. Sosyal Etkenler

Çiftçilerin alışkanlıkları, tecrübeleri, kültürleri, tercihleri ve pazar durumu gibi sosyal etkenler de sulama yönteminin seçiminde etkili olabilirler. Bir bölgedeki gelenekler, sulama yönteminin seçiminde oldukça etkindir. Çiftçilerin kültür seviyeleri de sulama yönteminin seçiminde ve uygulanan yöntemlerin başarılı olmasında geniş oranda etkilidir.

Kontrolsüz salma yöntemiyle sulama, dünyanın pek çok yerindeki çiftçiler tarafından benimsenmiştir. Daha fazla bilgi ve kültüre gerek duyulan karık, uzun tava, yağmurlama ve damla yöntemiyle sulamaların hemen uygulanmaları güç olabilir. Dünyanın her yerinde, çiftçinin kültürü arttıkça, işçilik masrafı az olan ve fakat ilk tesis masrafı fazla olan yöntemlerle sulama yapmak tercih edilmektedir.

Burada hatırlatılması gereken bir husus, sulama yönteminin seçiminde yukarıda açıklanan tüm etkenlerin birlikte dikkate alınmasının gerekliliğidir. Anılan etkenlerden bazılarının dikkate alınmadan sulama yönteminin seçilmesi, sulamanın randımanlı olarak uygulanabilmesini engelleyebilir.

KAYNAKLAR

- Criddle, W. D., 1958. Influence of Climate on Irrigation Agriculture. Journal of the Irrigation and Drainage Division Vol. 84 IR-1, s. 1-5.
- Ertuğrul, H. ve Apan, M., 1979. Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 252.
- Finkel, J. H. ve D. Nir., 1960. Criteria for the choice of Irrigation Methods. Transactions of the ASAE Vol. 3, No: 1, s. 92-96.
- Israelsen, O. W., ve V. E. Hansen., 1965. Irrigation Principles and Practices. John Wiley and Sons Inc. New York.

Okman, C., 1976. Bitki Su Tüketiminin Saptanmasındaki Son Gelişmelerin Ülkemizde Uygulanma Olanakları ve Sulama Yöntemlerinin Seçimindeki Esaslar. Topraksu, Sayı 42, s. 54-64.

Sönmez, N., ve A. Balaban., 1968. Kültürteknik Cilt II (Sulama ve Drenaj). Ankara Üni. Ziraat Fak. Yayınları No: 317. Ankara.

Thompson, G. T., L. B. Spiees ve j. N. Krider., 1980. "Farm Resources and System Selection" Design and Operation of Farm Irrigation System. pp. 44-69. The American Society of Agricultural Engineers.