

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/272163287>

Tarımsal Sulama Yöntemleri.



Atakale Elektronik

Tarimsal Sulama Yöntemleri





Yayınlayan

**GIDA TARIM VE HAYVANCILIK
BAKANLIĞI**

Eğitim, Yayın ve Yayınlar Dairesi
Başkanlığı

**Bakanlık Adına İmtiyaz Sahibi ve
Genel Yayın Koordinatörü**

Recep TEZGEL

Yayın Sorumlusu

Ali METİN

Eğitim ve Yayın Grup Sorumlusu

Seri Editörü

Neriman KARA *(Ziraat Mühendisi)*

Hazırlayan - Editör

Prof. Dr. Öner ÇETİN

Dicle Üniversitesi

Grafik Tasarım

Mehmet ATALAY- Şengül ÖZTÜRK

Yayın Yeri ve Tarihi

ANKARA-2012

Çiftçi Eğitim Serisi Yayın No

2012/7

Bitkisel üretimde çiftçimizin;

Finansman ihtiyacını karşılayabilmesi için **Düşük Faizli Kredi**,
Doğru ve uygun gübre kullanması için **Toprak Analizi Desteği**,
İyi bir toprak hazırlığı için **%50 hibeli Alet-Ekipman Desteği**,
Kaliteli üretim yapması için **Sertifikalı Tohum ve Fidan Desteği**,
Mazot maliyetine destek olmak için **Mazot Desteği**,
Gübre'nin maliyetine destek olmak için **Kimyevi Gübre Desteği**,
Ürünü Doğal Afetlerden korumak için **Tarım Sigortası Desteği**,
Damla ve yağmurlama sulamaya **%50 Hibe ve Sıfır Faizli Kredi Desteği**,
Üretimin devamlılığı için hasat ettiği ürünlere **Prim Desteği**,
Ürünlerinin katma değerini artırması için **%50 Kırsal Kalkınma Hibe Desteği**

Hayvansal Üretimde ise Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvancılık Yapan Çiftçimizin;

Finansman ihtiyacının karşılanması için **Düşük Faizli Kredi**,
Kaba yem ihtiyacının karşılanması için **Yem Bitkileri Desteği**,
Girdi maliyetlerine destek olmak için **Hayvan Başı Ödeme**,
Ürün artışı için **Süt ve Et Teşvik Primi**, **Su Ürünleri**, **Hayvan Gen Kaynakları**, **Tiftik Üretim**,

İpekböcekçiliği Desteği yeni uygulamalardan bazılarıdır.

Bakanlığımız 2010 yılında uygulamaya başladığı önemli projelerden biri de **Tarım Havzaları Üretim ve Destekleme Modeli**'dir. İklim, toprak, topografya, arazi sınıfları ve kullanım şekillerine dayalı **527 Milyon verim** data değerlendirilerek **30 adet tarım havzası** belirlenmiştir. Böylece hangi ürünün nerede ne kadar üretilbileceği toprağında hangi üründen daha fazla verim alabileceğine imkân sağlanmıştır.

Tarımsal üretimin her kademesinde alın teri olan çiftçilerimizin, üretimlerini artırmak için 2009 yılında yaşam Türkiye'de bir ilk olma özelliği taşıyan '1000 Köye 100.000 Kitap' projesi üreticilerimiz ve yeni nesil çiftçi adayları ru kaynağı olmuştur. Projenin ikinci aşamasında 1500 köyümüze 150.000 kitap daha ulaştıracağız. Böylece 2500 K Kitap ile üreticilerimizin daha az maliyetle yüksek kazanç elde etmesini hedeflemekteyiz.

Projemizin ikinci aşamasının da ülkemiz tarımına ve üreticilerimize bol ürün ve yüksek kazanç getirmesini dili-

Değerli Üretici Dostlarımız,

İnsan var lı ğı nın en önem li ve en te mel kay na ğı olan ğı da üre ti mi ve do lay lı ola rak ta rım her tül ke aç ı sın dan stra te jik ve ya şam sal öne me sa hip tir. Bu sek tör de ki üre ti min ken di ne yo ğun azal tıl ma sı, bu sa ye de ül ke eko no mi si için de ki pa yı nın ar tı rıl ma sı ve da ha yük sek is t ma sı ge re ken bir sü reç.

Bu gün ge liş miş ül ke le rin ta rım sek tör ü, ya pı sal ola rak ge li ş i mi ni ta mam la mı ş, bu a ve ta rım po li ti ka la rı nı çok ön ce den be lir le miş ler. Ge liş mek te olan ül ke ler ko nu mun da ki pa Bir li ğı ile uyum ve mü za ke re sü re cin de ta rım sek tör ü müz stra te jik bir ko num da. Kı r sal rım sal ya pı mı zın iyi le ş ti ril me si ve re ka bet gü cü da ha yük sek bir ta rım sek tör ü nün oluş tu amaç lar ha li ne gel di. Bu na kar ş ın sek tör ü mü zün ha len çö züm bek le yen pek çok so ru nu bu

Bu ger çek ler den ha re ket le, Türk ta rı mı na fi nan sal des tek bir ya na, bil gi len dir me ve l da nış man lık hiz met le ri y le kat k ı sağ la ma yı ken di mi ze amaç edin dik. De niz Bank ola rak, v ge liş me si ve güç len me si için ye ni ürün ve hiz met ler le siz de ğer li çift çi mi zin her za man ya

Çift çi mi zi, üre ti ci mi ze bi rer “iş ada mı” kim li ğı ka zan dır mak için yo la çık t ık. Bu gü n de bin ler ce üre ti ci mi ze le bi ra ra ya gel dik; de ğer li aka de mis yen le ri mi z le, uz man ekip le ri no mi, ku rak lık, kü re sel ısın ma, ve rim li lik ve Av ru pa Bir li ğı sü reç le ri hak k ın da bil gi len c zi an la ma, din le me fir sa t ı bul duk. Köy ler de dü zen le di ğı miz on lar ca top lan tı da bol bol so

Türk E ę i tim Der ne ę i iş bir li ę i y le, im kân la rı ye ter li ol ma yan çift çi ai le le ri nin ba ş a r lar ken, köy okul la rı mı zın bil gi sa yar ı h ti ya c ı na kat k ı sağ la ya rak ye ni ne sil le rin bil gi ça ę ol ma ya ça lış t ık.

De ğer li üre ti ci le ri mi z, De niz Bank ola rak bu yol da ge rek li tüm adı m la rı at ma ya, eli n z ı r ız. 2010 yı lın da, bu sö zü mü zün ye ni bir adı mı olan, Ta rım ve Kö yiş le ri Ba kan lı ę ı’mız la **Kö ye 250,000 Ki tap**” pro je si ni ha ya ta ge çi ri yo ruz. Ya y ın la nan 100 ay r ı çe ş it te ki ta bin, t ę ı nın to hum la rı nı at mak ta olan siz de ğer li üre ti ci le ri mi ze, bu yol da kat k ı sağ la ma sı nı i

Ve sa mi mi yet le ina nı yo ruz ki; sağ lık lı ve var lık lı bir ge le cek b ı rak mak için ter dök tül ę ü zel ül ke mi z, siz le rin öz ve ri li eme ę i y le ha yat ver di ę i top rak la rı mı z dan çi ka cak be re ko ge le ce ę ü la ş a cak.

Say ę ı la r ım la,

Bu gün 6,9 mil yar do la yın da in sa nın ya şa dı ğı yer yü zün de, tüm in san lı ğı ra hat lık la üre tim ya pıl dı ğı hal de, mil yon lar ca in sa nın aç lık la pen çeleş me si ve bir o ka dar in sa nın me si or ta da bir den ge siz li ğin var ol du ğu nu gös ter mek te dir.

İn sa no ğ lu ge le cek te, bir ta kım ‘par lak’ ba şa rı la rı nın ya nı sı ra ku rak lık, aç lık ve gi me gi bi iç aç ı ol ma yan kö tüm ser man za ra la rı da ön gör mek te dir. Gü nü müz de ar tık ye şim, bir in san hak k ı ola rak de ğer len di ril mek te dir. Söz ko nu su hak kın ger çekleş me si ve dev let lere de po zi tif bir so rum luk verilmiştir.

Bü tün ge liş miş ül ke ler de ol du ğu gi bi ül ke miz de de do ğal kay nak la rı da ha ras yo n mek ve kul lan mak zo run da yız. Ta rım ve Kö yiş le ri Ba kan lı ğı ola rak ta rım sal kay nak la rı ma sın daş k ı la ş ı lan za y ıf nok ta la rın or ta dan kal dı ril ma sı için üze ri mi ze dü ş en tüm gö rev yo ruz. Bu çer çe ve de ha zır la dı ğ ı mız **Çift çi Eği tim Se ri si**, ta rım sal üre tim ko nu sun da ha me ama cı na yö ne lik bir ya yın ça lış ma sı dır. Bil has sa kü çük-or ta boy üre ti ci esas al ı na rak no lo ji ye da ya lı üre ti mi teş vik edi ci ko nu la ra a ğ ır lık ve ril mek te; ay rı ca ve ri len bil gi le me le ri kap sa y ı cı nı te lik te ol ma sı na dik kat edil mek te dir.

Çift çi Eği tim Se ri si ça lış ma la rı na, Ba kan lık ta ş ra ve mer kez bi rim le ri ile ger çek le riş ma la rı ya baş lan mış tır. An ket ça lış ma la rı so nu cun da ön pla na çık mış ko nu lar, Ba ka man ve edi tör le ri ta ra fin dan her dü zey de üre ti ci nin an la ya bi le ce ğ i dil de ve sa de lik te, den ti tiz lik le ha zır lan mış tır.

Üre ti ci le rin ta rım ala nın da ki bil gi bi ri ki mi nin ar tı rıl ma sı ve ta lep le ri ni kar ş ı la rı na Ba kan lı ğ ı Eği tim, Yayım ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı ola rak endüstri mi dir. Bu bağ lam da m eli miz de tut tu ğ u muz eser ler so rum lu luk la rı mı zı ye ri ne ge tir me ça lış ma la rı mı zın en p

Eğitim Yayım ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı ola rak, **Çift çi Eği tim Se ri si**’nin üre ti ci le r ol ma sı nı di ler, her dü zey de eme ğ i ge ç en ça lış ma ar ka daş la rı mı za ve pay daş la ra te ş ek l

1. GİRİŞ	7
2. SULAMA YÖNTEMİ SEÇİMİNİ BELİRLEYEN ETMENLER...	9
2.1. Toprak Özellikleri	9
2.2. Topografya	11
2.3. Su Kaynağı ve Kalitesi.....	12
2.4. Bitki Türü	13
2.5. Ekonomi	14
2.6. İklim Özellikleri	15
2.7. Tarımsal Faaliyetlere Uyumluluk ve Sosyal Durum.....	16
3. SULAMA YÖNTEMLERİ	16
3.1. Yüzeysel Sulama Yöntemleri.....	17
3.2. Basıncılı Sulama Yöntemleri.....	36
3.3. Yüzeysel (Sızdırma-Subsurface) Sulama Yöntemi	75
4. KAYNAKLAR	77
5. EKLER	80

1. Gİ RİŞ

Tüm canlılarda olduğu gibi, bitkiler öncelikle yaşamlarını devam ettirebilmeleri için suya ihtiyaç duyarlar. İhtiyaç duyulan su ise, esas itibarıyla bitki kökleriyle topraktan alınır. Bitkiler tarafından alınan suyun bir kısmı çeşitli bileşiklerin yapımında ve başta fotosentez için kullanılır. Çok önemli bir kısmı ise terleme yoluyla atmosfere verilir. Bitki bünyesinde kalan ve çeşitli fizyolojik süreçlerde kullanılan su miktarı, terleme yoluyla atmosfere verilen su miktarının yanında göz önüne alınmayacak kadar az miktardadır.

Bitkilerin yetiştirme mevsimi boyunca ihtiyaç duyduğu su miktarı, düzenli ve yeteri miktarda yağışlarla karşılanabiliyorsa sulama yapmak gereksizdir. Ancak, kurak ve yarı-kurak (arid ve semi-arid) bölgelerde bu durum genel olarak gerçekleşmez. Hatta nemli (humid) bölgelerde bile fazla yağış olmasına rağmen, yağış dağılımının düzensizliği nedeniyle bitkinin ihtiyaç duyduğu dönemde yağış olmaması durumunda sulama gerekebilir.

Ülkemiz, Doğu Karadeniz Bölgesi hariç, kurak ve yarı kurak bir bölge içerisinde yer almaktadır. Bu nedenle sulama tarımda çok önemli bir girdi olup,

verimi artıran en önemli faktörlerden birisidir. Sulama verimi, bitki, toprak, kullanılan sulama yöntemi, iklim ve çiftçi koşullarına bağlı olarak 1 ile 5 kat arasında artırılmaktadır. Ancak, gereğinden fazla sulama ise verimi azalttığı gibi topraklarda yüksek taban suyu, drenaj, tuzluluk, çoraklık (sodyumluluk) ve erozyon sorununa neden olabilmektedir. Bu durum ise,

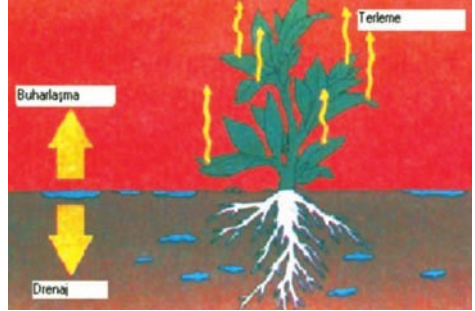


Şekil 1.1 Sulama suyu verim ilişkisi.

doğal bir kaynak olan topraklarımızı neredeyse eski haline gelmesi çok zor olacak şekilde veya tarım yapılamaz hale getirmektedir. Şekil 1.1'de görüldüğü üzere, belli bir noktadan sonra sulama suyu verimi artırmakta, aşırı sulama yapılması durumunda ise verim hızla azalmaktadır.

Bu açıklamalar ışığında sulama, basit anlatımıyla, “bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun yağışlarla karşılanamadığı durumda, farklı sulama yöntem ve sistemleriyle toprağa uygulanmasına” denir. Sulama yöntemi, sulama suyunun toprağa uygulama biçimidir. Sulama sistemi ise, sulama yöntemini uygulamak için gerekli olan tüm alet-ekipmanları (aygıtları) içine alır.

Sulama fiziksel bir olay olmayıp, teknik, ekonomik ve sosyal boyutu olan çok yönlü ve karmaşık bir uygulamadır. Toprağa uygulanan su, esas itibarıyla 3 önemli olayın etkisindedir. Bunlar bitkiden olan terleme (transpirasyon), topraktan olan buharlaşma (evaporasyon) ve fazla suyun derine, kök bölgesi altına, sızdığı drenaj olaylarıdır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Sulamanın 3 temel ögesi: Terleme (transpirasyon), buharlaşma (evaporasyon) ve drenaj.

Sulamanın genel olarak yararları ya da neden yapılması gerektiği aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Tarımsal üretimi artırmak

- Ulusal geliri artırmak
- İşsizliği azaltarak yeni iş olanakları yaratmak
- Yaşam seviyesini artırmak

2. Toprak ve çevreye olan olumlu etkilerini geliştirmek

- a) Toprakta istenmeyen kimi olumsuzluklara karşı yıkama yapılması
- b) Tuzlu ve sodyumlu toprakları ıslah etmek
- c) Bitkiler için don etkisinden korunma sağlamak

3. Kuraklığın neden olabileceği olumsuzlukları azaltmak

- a) Gıda kıtlığına karşı önlem alınması
- b) Önemli ve pahalı ürün kayıplarını azaltmak

4. Kurak ve nüfusu azalmış bölgelerde nüfus artışı sağlamak

- a) Ulusal savunma
- b) Nüfus dağılımının dengeli olması

5. Ulusal güvenlik

Yukarıda, sulamanın genel olarak neden yapıldığı ve yararları konusundan da anlaşılabileceği üzere, **sulamanın verimi ve tarımsal üretimi artırmanın yanında, işsizliği azaltma, yaşam seviyesinin artırılması, gıda güvenliği, dolaylı olarak da ulusal savunma gibi çok farklı ve önemli işlevleri vardır.**

2. SU LA MA YÖN TE Mİ SE Çİ Mİ Nİ BE LİR LE YEN EN LER

Bir arazide sulama yapılmasına karar verildikten sonra en önemli konu sulama yönteminin seçimidir. Bu ise, aşağıda belirtildiği üzere birbirine bağımlı ve bazen bağımsız çok sayıda faktörün etkisi ile belirlenir.

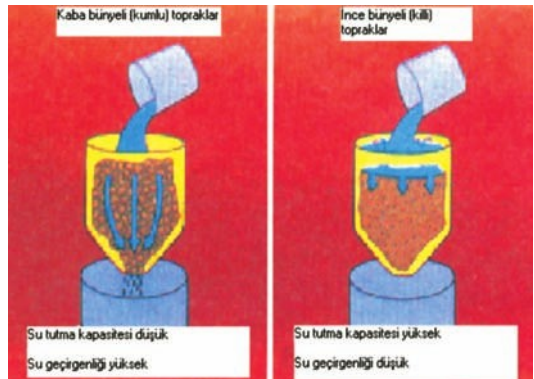
2.1 Top rak Özel lik le ri

Toprak bünyesi, toprak su tutma kapasitesi, suyun toprağa giriş hızı (infiltrasyon) ve toprak derinliği sulama yöntemi seçiminde en önemli toprak özellikleridir.

Örneğin, kaba bünyeli (kumlu) toprakların su tutma kapasitesi düşük buna karşın su alma hızı yüksektir. Bu tür topraklarda suyun toprakta ilerlemesi çok zor olacağından yüzey sulama yöntemleri çoğu zaman uygun olmaz. Bu tip topraklarda yüzey sulama yöntemleri uygulansa bile akış uzunluğu çok kısa olacağından işletim ve diğer maliyetler yüksek olacaktır. Buna karşın bu tip topraklarda yağmurlama veya damla sulama gibi basınçlı sulama sistemleri kullanımı tercih edilmelidir. Ayrıca kumlu topraklar, örneğin yağmurlama sulamada daha yüksek debili başlık kullanımı gerektirirken, infiltrasyon hızı düşük kil bünyeli topraklar için ise daha düşük debili başlıklar kullanılmalıdır.

Su tutma kapasitesi ise, seçilecek olan sulama sisteminin boyutunu (büyüklüğü), sulama aralığı ve dolayısıyla sulama sayısını ve sıklığını etkiler. Örneğin kumlu toprakların su tutma kapasitesi düşük suyun toprağa giriş hızı (infiltrasyon) yüksek olduğu için, daha sık aralıklarla ve her uygulamada daha az miktarda sulama suyu uygulamasını gerektirir (Şekil 2.1). Bu nedenle, yağmurlama ve damla sulama sistemlerinin bu tip topraklarda kullanılması daha uygundur. Halbuki, orta ve ağır bünyeli (kil) topraklarda her sulamada fazla miktarda su geniş aralıklarla yüzey sulama yöntemlerinden birisi ile uygulanabilir.

Bazı durumlarda etkili toprak derinliği az olduğundan, yüzey sulama için gerekli olan tesviye yapılmadığından dolayı, basınçlı sulama yöntemlerinden birisi kullanılır. Ayrıca arazide taşlılık sorunu varsa, yine basınçlı sulama yöntemlerinden birisi tercih edilmelidir



Şekil 2.1 Kaba bünyeli (kumlu) ve ince bünyeli (killi) topraklarda su tutma kapasitesi ve su geçirgenliği.

2.2 Topografya

Sulama yöntemi seçiminde, topografya en önemli etkenlerin başında gelir. Topografya, sulanacak arazilerin yükseltisi, su kaynaklarının bulunduğu yükselti, arazi sınırları, yollar, elektrik, doğal gaz ve diğer su hatları, arazinin biçimi ve arazinin eğimi gibi çok geniş faktörleri kapsar (Resim 2.1). Ancak, **sulama sistemi seçiminde arazi eğimi en önemli parametredir. Bazı yağmurlama**



resim2.1 Arazi topoğrafyası sulama yöntemini belirleyen en önemli öğelerden birisidir.

sistemleri % 20 eğime kadar çalıştırılabilir. Ancak, karık ve uzun tava sulamasında ise maksimum eğim % 2-3 arasında sınırlıdır. Damla sulama ise % 60 eğime kadar kullanılabilir. Genel olarak, arazinin eğimi arttıkça toprak derinliği de azalır. Bu durumda zaten **sığ (yüzlek) topraklar için, yüzey akış ve erozyon oluşturmayacak, toprağa suyu az miktarlarda uygulayabilen basınçlı sulama yöntemlerinden birisi tercih edilmelidir.**

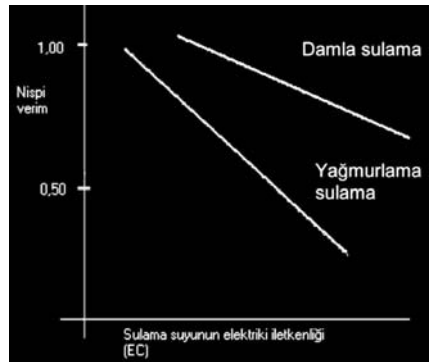
Arazinin biçimi de çoğu zaman sulama sistemi seçimini belirler. Örneğin, uzun tava (border), karık, sabit yağmurlama, yüzey-altı sulama, kontur karık ve damla sulama sistemleri çoğu arazi biçimlerine adapte edilebilir. Halbuki, ülkemizde kullanımı pek yaygın olmayan ancak gün geçtikçe artan dairesel hareketli (center-pivot) sulama sistemi için kare-boyutlu araziler daha uygundur. Düz ve eğimli karık sulama, kontur karık ve eğimli uzun tava (border) için ise dikdörtgen boyutlu araziler daha uygundur.

2.3 Su Kaynağı ve Kalitesi

Su kaynağının cinsi ve uzaklığı, su miktarı (debisi), su kalitesi ve suyun maliyeti kullanılacak sulama yöntemini belirlemede önemli bir faktördür. Su bir akarsudan saptırılarak açık kanal sistemi ile getiriliyorsa genel olarak yüzey sulama yöntemleri seçilir. Baraj veya gölet depolaması ile alt kotlardaki araziler için yeteri basınç sağlanabiliyorsa basınçlı sulama sistemleri tercih edilir. **Su derin kuyulardan elde ediliyorsa, yine sulama randımanı yüksek olan yağmurlama ve damla sulama gibi basınçlı sulama sistemleri tercih edilmelidir.** Dolayısıyla suyun maliyeti arttıkça sulama randımanı yüksek olan yağmurlama, damla gibi sulama yöntemleri tercih edilir.

Su kaynağı az ya da yetersiz ise, daha düşük kapasiteli ve sık sulama yapılabilecek sulama sistemlerinin seçilmesi gerekir. Bu durumda, her sulamada daha yüksek miktarda sulama suyu gerektiren diğer sistemlerle kıyaslandığında, her sulamada daha az miktarda sulama suyu uygulanacaktır. Örneğin, uzun tava ve göllendirme (tava) sulamasında debi genellikle 30 L/s'nin üzerindedir. Bu nedenle tarla başında suyun debisi bu değer altında ise karık ya da basınçlı sulama yöntemlerinden biri tercih edilmelidir.

Su kalitesi de sulama yöntemi seçiminde önemli bir faktördür. Örneğin suyun tuzluluk değerinin yüksek olması, bor ve bazı istenmeyen elementlerin suda bulunması sulamaya engel teşkil edebilir ya da başka bir sulama yönteminin kullanılmasını gerektirebilir. Örneğin tuzlu su kullanılıyorsa, tuzluluğu daha az olan suya nazaran



Şekil 2.2 Sulama suyu tuzluluğunun sulama yöntemlerine göre verim üzerindeki etkisi.

daha fazla sulama suyu kullanımını gerektirir. Buna neden ise, toprakların uzun dönem tuzlanmaması için, uygulanacak fazla su ile tuzların yıkanması sağlanır. Başka bir örnek ise, **tuzlu sular yağmurlama sulama yöntemi ile kullanılması uygun olmaz. Ancak damla sulama ile kullanılabilir.** Şekil 2.2'den de görüleceği üzere, tuzlu suların verim üzerindeki azaltıcı etkisi yağmurlama sulamada damla sulamaya göre çok daha fazladır.

Yıllık yağışı 300 mm'den az olan yerlerde damla sulama ile tuzlu sular kullanılıyorsa, ayrıca yağmurlama ya da tava sulama kullanılarak, özellikle toprak yüzeyinde birikebilecek tuzun yıkanması gerekebilir.

2.4 Bit ki Tü rü

Bitki türü ve ürünün pazar değeri de sulama yöntemini seçimini belirleyen faktörlerden birisidir.

Bazı bitkiler için bütün sulama yöntemleri uygun iken, bazı bitkiler için ise uygun olmayabilir. Genel olarak sıraya ekilen bitkiler (mısır, ayçiçeği, pamuk, soya fasulyesi gibi) karık, sık yetişen bitkiler (arpa, buğday gibi tahıllar, çayır-mer'a ve yem bitkileri) tava ve/veya uzun tava yöntemleri ile sulanabilir. Ancak, yağmurlama sulama yöntemi de yukarıda belirtilen koşullar göz önüne alındığında uygulanabilir. Örneğin sıra bitkilerinden mısır ve ayçiçeği gibi bitkilerin boyu yüksek olduğundan, yağmurlama ile sulandığında laterallerin değiştirilmesi çok güç olmaktadır. Bu nedenle zorunluluk yoksa karık sulama bu yönü itibarıyla daha uygun olmaktadır. Ancak, yağmurlama sulama ile sulanması gerekiyorsa yük-

Ge nel ola rak sı rı ya e ki len bit ki ler (mı sır, ayçiçeği, pa muk, so ya fa sulye si gi bi) ka rık, sık ye ti şen bit ki ler (ar pa, buğ day gi bi ta hıl, ça yır-mer'a ve yem bit ki le) tava ve/ve ya uzun ta va yöm le ri ile su la nır.

sek basınçla çalışan ıslatma genişliği fazla olan tek başlıklı yağmurlama sistemleri , dairesel hareketli (center pivot) veya doğrusal hareketli yağmurlama sistemleri kullanılabilir.

Pazar değeri yüksek, topraktaki su eksikliğine duyarlı olan bitkilerden sebzeler, sık dikim aralıklarına sahip meyve ağaçları, örtü altı sebzelerin damla sulama yöntemi ile, geniş dikim aralıklarına sahip meyve bahçelerinin ise ağaç altı mikro sulama (mini yağmurlama ve damla) yöntemi ile sulanması daha uygundur.

Yağmurlama sulama, bazı bitkilerde yaprakların ıslanmasıyla hastalık ve tuzlu suların yapraklara zararı, sıcak bölgelerde ise gündüz sulamalarında bitki yapraklarına güneş ışınlarının mercek etkisi nedeniyle zarar verme ve buharlaşma kayıplarının çok yüksek olması nedeniyle sakıncalar yaratabilmektedir.

Ayrıca kök boğazının ıslanmasından kaynaklanan hastalıklara karşı tava ya da uzun tava sulama yöntemi tercih edilmemelidir.

2.5. Eko no mi (Ya tı rım ve İ ş let me Ma li ye ti)

Sulama yöntemi seçimi aynı zamanda ekonomik bir karardır. Diğer topografya, toprak ve su kaynakları durumu bir tarafa bırakılırsa, bazı sistemlerin, yüzey sulama gibi, yatırım maliyeti az, işçilik giderleri fazladır. Bazı sistemler ise, yağmurlama gibi, hem yatırım maliyeti fazla hem de enerji gereksinimi nedeniyle işletme masrafları fazladır. Ancak, ekonomik nedenler çoğu zaman sulama yöntemi seçiminde tek başına belirleyici olmayabilir. Çünkü topografya, toprak tipi, su varlığı ve kalitesi buna en önemli etkenlerdir.

**Eko no mik ne den ler ço ğu za man su la ma
yön te mi se çi min de tek ba şı na be lir le yi ci ol ma ya bi li
Çün kü to pog raf ya, top rak ti pi, su var lı ğı ve ka li te si
bu na en önem li et ken ler dir.**

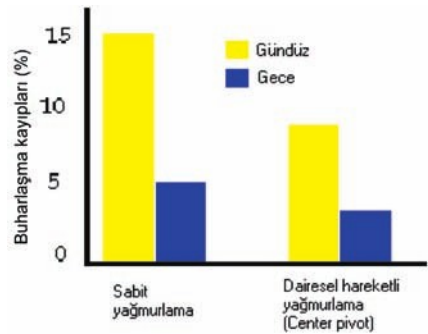
Suyun kıt (yetersiz) ve maliyetinin yüksek olduğu koşullarda, suyun etkili ve ekonomik kullanımına olanak veren, sulanacak bitki de göz önüne alınarak basınçlı sulama yöntemlerinden birisi tercih edilmelidir. Ancak, toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı açısından bazen ekonomi tek başına yeterli olmayabilir. Teknik ve sosyal koşullar daha etkili olabilmektedir.

Sonuç olarak, yalnız ekonomik gelir açısından düşünüldüğünde, elde edilen ürün esas alınarak ekonomik analiz yapılır ve en yüksek yıllık net geliri sağlayan yöntem seçilebilir.

2.6. İklim Özellikleri

Rüzgar ve sıcaklık sulama yöntemi seçimini etkileyen en önemli iklim öğeleridir. Rüzgar hızının ve sıcaklığın yüksek olduğu yöreler, yağmurlama sulama için olumsuzluklar gösterir. Yüksek rüzgar hızı su uygulama ve su dağılımını olumsuz etkiler. Genel olarak rüzgar hızı 3 m/s'nin üzerinde ise yağmurlama sulama tercih edilmemelidir.

Yüksek sıcaklık durumunda yağmurlama sulama yapılması, başta buharlaşma ile su kayıplarını artırır ve günün sıcak saatlerinde de yağmur damlaları yapraklar üzerinde mercekleme etkisi ile yakmalara neden olabilir. Bu nedenle, sıcak yörelerde günün serin saatlerinde ya da gece sulaması tercih edilmelidir. Şekil 2.3'de gündüz yapılan yağmurlama sulamanın, gece sulamasına göre yaklaşık 3 kat daha fazla buharlaşma kayıpları oluşturduğu görülmektedir.



Don bitkiler için (özellikle meyve ağaçları) zararlı olan önemli bir iklim olayıdır. Meyve

Şekil 2.3 Yağmurlama sulamada, gündüz sulama ya da gece sulamasına göre buharlaşma kayıpları önemli düzeyde artar.

ağaçlarında, ağaç üstü yağmurlama yapılarak don zararından korunabilir. Ancak bunun da ilk tesis masrafları yüksektir.

2.7. Tarım salı ile uyumlu ve Sosyal Durum

Bir arazi için kurulacak olan sulama sistemi, diğer tarım faaliyetleri ile uyum içinde olmalıdır. Örneğin tarla hazırlığı, toprak işleme, hasat gibi tarımsal uygulamalara engel olmamalı ve uyumlu olmalıdır.

Ayrıca, çiftçilerin alışkanlıkları, gelenekleri, kültür ve tarımsal eğitim düzeyi uygulanacak sulama yöntemleri açısından önemlidir. Sulama sistemleri, gelişen teknolojiye de bağlı olarak, otomasyon başta olmak üzere daha karmaşık hale gelmektedir. Bu nedenle, daha bilinçli ve bilgili uygulayıcılar mevcut sulama sisteminin etkin ve uzun süreli kullanımını sağlar. Yeterli tarımsal eğitimi almamış ve bu bilinçte olmayan uygulayıcıların, özellikle basınçlı sulama sistemlerini (mini yağmurlama ve damla sulama gibi) işletmesi zor olmaktadır.

Bir bölge için ülkesel bazda ulusal kararlar alınabilir. Bu kararları o bölge topraklarının sulanmasında sulama yöntem ve/veya sistemi seçimi doğrudan etkileyebilir ya da karar süreci bu şekilde verilebilir. Bu nedenle sulama yöntemi seçimi bazı durumlarda yasal nedenlere dayandırılabilir.

Bir arazi için kurulacak olan sulama sistemi, diğer tarım faaliyetleri ile uyum içinde olmalıdır.

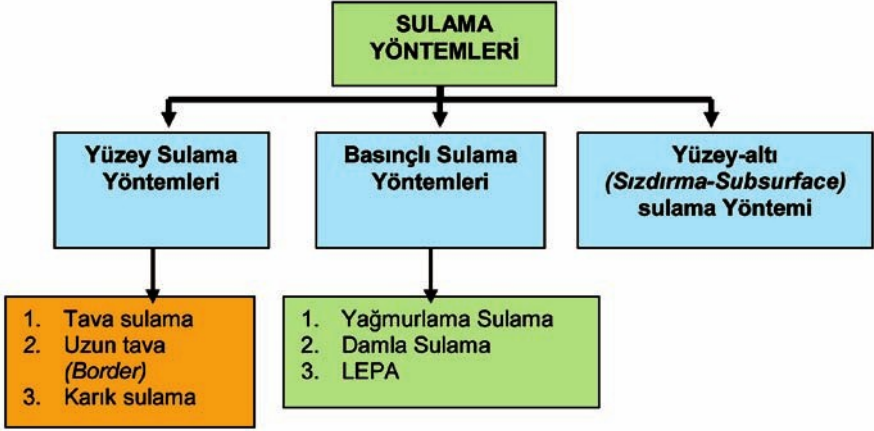
3. SULAMA YÖNTEMLERİ

Sulama yöntemleri 3 ana başlık altında toplanabilir.

1. Yüzey sulama yöntemleri
2. Basınçlı sulama yöntemleri

3. Yüzeyaltı (Subsurface) sulama yöntemi

Sulama yöntemleri ve her sulama yöntemine ait alt bölümleri aşağıda verilmiştir.



3.1. Yü zey Su la ma Yön tem le ri

Yüzey sulama, mevcut su kaynağından, arazinin eğimi doğrultusunda yer çekimi etkisiyle sulama suyunun doğrudan toprağa uygulanmasıdır. Diğer sulama yöntemlerine göre yatırım ve işletme masrafları daha düşük olup, yüksek düzeyde eğitilmiş işçilik gerektirmez. Ülkemizde ve dünyada en yaygın sulama yöntemleri yüzey sulama yöntemleridir. Son yıllarda basınçlı sulama yöntemlerinde hızlı bir artış olsa da, ülkemizde bu oran halen % 80'nin üzerindedir. Yüzey sulama yöntemlerinde karık sulama hariç arazi yüzeyinin tamamı sulanır. Bu anlamda, sulanan arazi, hem suyun iletiminde hem de sulanması için kullanılmış olur. **Yüzey sulama yöntemleri, genel olarak iyi tesviye edilmiş arazilerde uygulanması gerekir.** Bu yöntemin en önemli kısıtları, yüzey akışlar, derine sızma ve erozyon oluşturma riskinin yüksek olmasıdır. Bu yön-

temde sulama suyu belirli bir zamanda, oluşturulan tavaların yüzeyinin tamamının sulama suyu ile örtülecek şekilde ve karıkta ise karık sonuna ulaşıncaya kadar uygulanır.

Yüzey sulama yöntemleri genellikle sulama suyunun bol ve işçiliğin ucuz olduğu bölgelerde uygulanır.

Yüzey sulama yönteminde, bilinçli ve kontrollü bir sulama yapmak ve



Resim 3.1 Arazi tesviyesi yüzey sulama yöntemlerinin etkili olarak uygulanması için gerekli en önemli unsurlardan birisidir.

su uygulama randımanını yüksek tutmak için arazi tesviyesi mutlaka gereklidir (Resim 3.1)

Yüzey sulamalarda, yöntemin doğası gereği yüzey akış ve derine sızma meydana gelebilir. Bunun yanında, kullanıcıların bu yöntemin gerektirdiği teknik koşulları (arazi tesviyesi, eğime uygun tava ve karık boyu seçimi, uygun debi seçimi, sulama sırasında gerekli savak, sifon gibi basit alet-ekipman kullanımı) yerine getirmeden sulama yapmaları aşırı su kullanımı, erozyon, taban suyu yüksekliği, tuzluluk ve alkalilik (çoraklaşma) sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle sulama randımanı diğer basınçlı sulama yöntemlerine göre daha düşüktür. Ayrıca, yüzey sulama yöntemlerinin kullanıldığı tarım arazileri belirtilen nedenlerle belli bir süre sonra tarım yapılamaz hale gelebilmektedir. Ancak, belirtilen teknik koşullara uyulması ve sulama yönetiminin etkin

olması durumunda, yüzey sulama yöntemleri de yüksek randımanla kullanılabilir.

Farklı yüzey sulama yöntemleri aşağıda bölümler halinde açıklanmıştır.

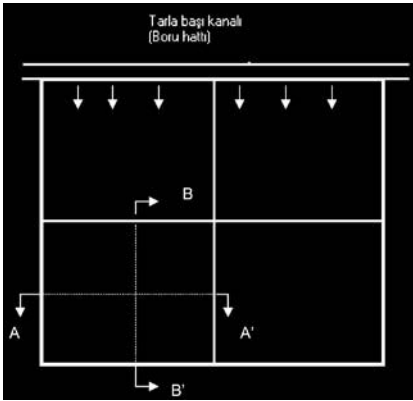
3.1.1 Ta va Su la ma Yön te mi

Tava sulama yönteminde sulama suyunun düz veya tesviye ile düzeltilmiş arazilerde etrafı seddelerle çevrilerek oluşturulmuş tavalara uygulanmasıdır. Sulanan arazinin dolayısıyla tavaların etrafı seddelerle çevrili olduğu için yüzey akış meydana gelmez. Su tavalarda göllendirilerek suyun toprağa girişi sağlanır (Şekil 3.1, 3.2). Tarla başına açık ya da kapalı borularla getirilen su, tavalara bir ya da birkaç noktadan verilir. Tava sulaması genel olarak suyun toprağa giriş hızı (infiltrasyon) düşük olan orta ağır ve ağır bünyeli topraklar için daha uygundur. Ayrıca tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslahında da tava sulama yöntemi kullanılır.

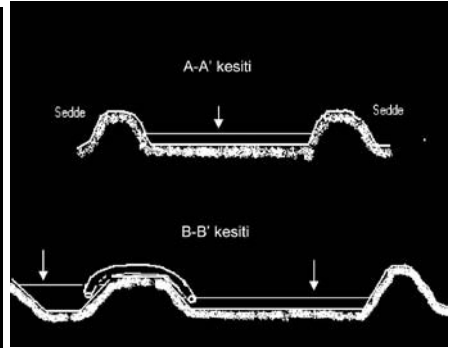
Tava sulama genellikle, sık yetişen hububat, yem ve çayır mera bitkileri ile meyve ağaçlarının sulanmasında kullanılır. Tavalarda sulama yönüne dik, eğimsiz ve hafif tesviye makineleri ile tesviye edilmiş olması gerekir.

Meyve bahçelerinin tava sulama yöntemi ile sulanmasında, her ağaç gövdesinin taç izdüşümü genişliğinde ağaç etrafında tavalarda oluşturulur. Ağaç gövdesi tava içinden ayrıca küçük sedde (bilezik) ile çevrilerek sulama suyunun doğrudan gövdeye teması kesilir. Böylece sulama suyunun neden olabileceği hastalık etmenlerinin önüne geçilmiş olur.

**Ta va la ra alı nan su kı sa sü re de ta va lar da
göl len dir me sağ lan ma sı için su yun de bi si
30 L/s'den az ol ma ma lı dır.**



Şekil 3.1 Tava sulama yönteminde oluşturulmuş tavalar



Şekil 3.2 Tava sulamasında tavaların enine kesiti ve tavalara su girişi.

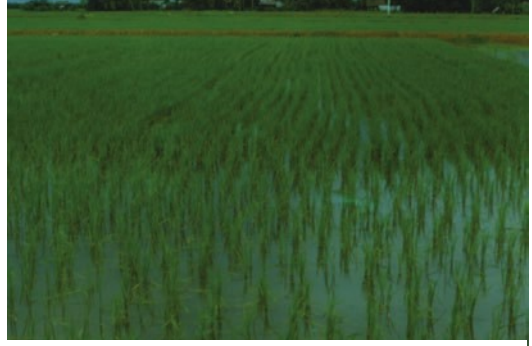
Tavaların boyutlandırılması, suyun toprağa giriş hızı (infiltrasyon) ve mevcut su miktarına (debi) bağlıdır. Örneğin süzek topraklarda (geçirgenliği yüksek) küçük boyutlu, ağır bünyeli (killi) topraklarda ise su varlığına göre küçük veya büyük tavalar oluşturulur. Tava büyüklüğü, toprak özellikleri, su varlığı, bitki türü ve yöre koşullarına bağlı olarak 16 m^2 'den 160 dekara kadar değişebilir. Hatta, iyi tesviye yapılmış düz alanlarda

Çizelge 3.1 Farklı sulama debisi ve toprak bünyeleri için önerilen tava alanları

Sulama suyu debisi	Tava alanı (m2)				
	Toprak bünyesi				
L/s	m3/h	Kumlu	Kumlu-tın	Killi-tın	Killi
30	108	200	600	12 000	20 000
60	216	400	12 000	24 000	40 000
90	324	600	18 000	36 000	60 000
120	432	800	24 000	48 000	80 000
150	540	10 000	30 000	60 000	10 000
180	648	12 000	36 000	72 000	12 000
210	756	14 000	42 000	84 000	14 000

daha da büyük olabilir. Tavaların boyutlandırılmasında, sulanacak arazilere ait detaylı veriler yoksa, Çizelge 3.1'de verilen değerler kullanılabilir.

Tava sulama, düz ve iyi tesviye yapılmış araziler için daha uygun olduğundan, su uygulama ve su dağılım



Şekil 3.2 Tava sulamayöntemi ile çeltik sulaması

eşdeğliği (uniformitesi) yüksektir. Bazen bunlar, basınçlı sulama yöntemleri kadar yüksek olabilir.

Tava sulamada da otomasyon kolaylıkla uygulanabilir. Kapalı borularla tarla başına getirilen su, tavalara belli noktalarla kontrollü ve istenilen miktar ve zamanda uygulamak mümkündür. Ancak, buna gerekli alt yapının uygun olması gerekir.

Tava sulamasının üstünlükleri:

1. Sistem maliyeti düşüktür. Yüzey akış olmadığından yüzey drenaj kanallarına gerek yoktur.
2. Yüksek su uygulama randımanı elde edilebilir.
3. Kalifiye işçilik gerektirmez.
4. Seddeler olması nedeniyle yağışlardan yüksek oranda yararlanır.
5. Tuzlu toprakların ıslahında etkin bir şekilde kullanılır.

Tava sulamasının kısıtları:

1. Tava sulaması düz araziler ve tesviye yapılmasını gerektirir.
2. Derine sızmayı azaltmak için kontrollü ve ölçülü sulama yapılması gerekir.
3. Tava girişinde sulama suyu debisi yüksek olduğundan, erozyonu önlemek için özel önlem alınması gerekebilir.

3.1.2 Uzun Ta va (Bor der) Su la ma Yön te mi

Uzun tava sulama, birbirine paralel toprak seddeleri arasında suyun genel eğim doğrultusunda ve belirli derinlikte uygulandığı sulama yöntemidir. İki sedde arasındaki alan uzun tava (*border*) olarak adlandırılır.

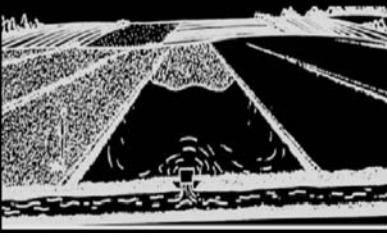
Genel olarak uzun tava sonları serbest drenaj koşulları hakimdir. Tavalara su tarla başı kanalından birbirinden bağımsız olarak alınır. Tava içinde su, tavanın eğimi doğrultusunda tava sonuna doğru hem hareket eder hem de infiltrasyonla toprak içine girer. Tavalara suyun girişi kesildiğinde ise tava içindeki su tava sonuna doğru geri çekilmeye başlar (Şekil 3.3).

Çizelge 3.2 Toprak bünyelerine göre uzun tava eni ve boyu

Toprak bünyesi	Suyun toprağa giriş hızı (infiltrasyon)	Uzun tava genişliği (m)	Uzun tava boyu (m)	Uzun tavaya verilecek su miktarı (L/s)
Kaba (kumlu)	Oldukça hızlı	6	60-90	71
Oldukça kaba	Hızlı	6-9	90-120	43-71
Orta	Orta	6-12	120-210	28-56
İnce (killi)	Çok yavaş	6-18	210-400	14-28

Uzun tava sulama yönteminde de sulanacak arazinin iyi bir şekilde hazırlanarak tesviye yapılması gerekir. Eğimli ve arazinin ana eğimine dik olan tesviye eğrili (kontur) tavalarda çoğu durumda uzun tava sonlarına hendek açılarak yüzey akıştan gelen sular açık drenaj kanalları ile uzaklaştırılır veya tekrar değerlendirilebilir (Şekil 3.3 ve 3.4).

Uzun tava sulama yönteminde, sulama doğrultusunda eğim en fazla % 2-3 olabilir. Ancak % 0.5 ve daha düşük eğimlerde ise, uygun bir su dağılımı ve su uygulama randımanı elde edilir. Ancak, uzun



Şekil 3.3 Tipik uzun tava (border) sulaması.



Şekil 3.4 Eğimli arazilerde uygulanan tipik tesviye eğrili (kontur) uzun tava (border) sulaması.

tava sulama, sık yetişen yem bitkileri ve killi topraklarda arazi eğimi % 7'ye uygulanabilir. Uzun tavalarda eğim tava boyuna, yani sulama doğrultusunda olmalı, tava içinde tava boyuna dik yönde eğim olmamalıdır. Eğer eğim % 0.1-0.2 ise tavalardaki su derinliği yaklaşık 10.0-12.5 cm'dir.

Uzun tava sulamasında, sulama su önü (*ıslak cephe*) tava sonuna yakın bir noktaya ulaştığı anda kesilir.

Uzun tava boyutları; eni 3 m uzunluğu 30 m'den, eni 100 m uzunluğu ise 800 m'ye kadar değişebilir. Ancak, tavaların eni, sulama doğrultusundaki eğime, tarla parselinin sulama doğrultusuna olan dik yöndeki uzunluğuna ve tarım makinalarının iş genişliğine bağlı olarak seçilir. Genel olarak, tava eni, **tava eğimi % 1'den az ise 15 m, % 1-2 ise 12 m, % 2'den fazla ise 9 m seçilmesi önerilir.** Çizelge 3.2'de verilen değerler çok genel ve ortalama değerler olup, sulanacak araziye ait gerekli veriler yoksa kullanılabilir. Çizelge 3.2'den görüldüğü gibi, tava boyları geçirgen olan kumlu topraklarda kısa, az geçirgen killi topraklarda ise uzun tutulur.

Uzun Tava Sulama Yönteminin Üstünlükleri:

1. İlk tesis masrafları düşüktür.
2. Kalifiye işçilik gerektirmez.

Uzun Tava Sulama Yönteminin Kısıtları:

1. İyi bir sulama içim mutlaka arazi tesviyesi gerektirir.

2. Sulama randımanının yüksek olması için, yüzey akışı azaltıcı uygun planlama ve kontrolün yapılması gerekir.
3. Yüzey akış olduğundan yüzey drenaj kanallarının yapımını gerektirir
4. Tavalara su girişinde erozyonu önlemek için özel yapılar gerekebilir.

3.1.3 Karık Su la ma Yön te mi

Karık sulama, sulama suyunun bitki sıra araları arasında eğim doğrultusunda açılan karıklara verilerek bitkilerin sulanmasıdır. Genellikle sera bitkileri, sebzeler, meyve ağaçları, bağ, sıraya ekilen tarla bitkileri (*mısır, ayçiçeği, pamuk, fasulye v.b.*) karık sulama yöntemi ile sulanabilir. **Sulama suyu karıklara verildiğinden bitki kök boğazı ile suyun doğrudan bir teması yoktur** (Şekil 3.5). Bu nedenle, bitkilerin bu yolla bulaşabilecek hastalık etmenlerinden korunmuş olur.

Çok hafif kumlu (kaba) bünyeli topraklar dışında bütün sulanabilir topraklarda karık sulama yöntemi uygulanabilir. Özellikle kaymak tabakası bağlama özelliği olan killi topraklar için uygundur. Çünkü, oluşacak kaymak tabakası karık içinde olacağından, bitki çıkışı veya büyümesine bir engel teşkil etmeyecektir. Sulanacak arazilerin, önceden yeksenak bir eğimle tesviye edilmesi gerekir.



Şekil 3.5 Tipik oluşturulmuş düz karıklar ve ana eğime dik tesviye eğrili (kontur) karık sulama yönteminin uygulanması.



Şekil 3.6 Arazi ana eğimi fazla olan arazilerde ana eğime dik tesviye eğrili (kontur) karık sulama yönteminin uygulanması.

Karıklara verilecek eğim, toprak bünyesi ve karıklara verilecek su debisine (miktarı) göre belirlenir. **Karıklara verilecek en yüksek eğim % 2-3'ü geçmemelidir, ancak eğimin genel olarak % 1'den düşük olması istenir. En uygun eğim ise % 0.2'dir.** Eğimli arazilerin karık yöntemi ile sulanmasında arazinin ana eğimi % 15' e kadar olan araziler sulanabilir. Bu durumda, ana eğime dik tesviye eğrili (kontur) karıklar açılarak sulama yapılır (Şekil 3.6).



Resim 3.3 Tipik bir karık sulama yöntemi

Karık uzunluğunun saptanmasında toprak bünyesi ve buna bağlı olarak suyun toprağa giriş hızı (infiltrasyon), sulama eğimi (karık eğimi) (giriş hızı (infiltrasyon), sulama eğimi (karık eğimi) uygulanacak su derinliği (su miktarı) ve sulanacak parselin uzunluğuna bağlı olarak giriş hızı (infiltrasyon) uzunluğu olarak kabul edilir. En uygun karık uzunluğu tespit edilmelidir. Buna karşın, Güzelnar 3.8'de verilen değerlerden yararlanarak karık uzunluğu bulunabilir. Ancak Güzelnar 3.3'de verilen değerler genel ve ortalama değerler olup, en fazla izin verilebilir karık boylarıdır. Bu nedenle mevcut su miktarı (debisi), çiftlik koşulları gibi etmenler dikkate alınarak en uygun karık boyu belirlenmelidir.

Uygun seçilen bir karık boyu ve debide sulama suyu karık sonuna toplam sulama süresinin $\frac{1}{4}$ 'ünde ulaşmalıdır.

Bir karığa verilecek suyun debisi ise karık içinde erozyona neden olmayacak değerde olmalıdır. Bu ise, tarla testlerinin olmadığı durumlarda aşağıda verilen eşikler yardımıyla hesaplanabilir.

Eşiklerle hesaplanabilir.

$$Q = \frac{0.63}{S}$$

Elitlikte;

Q: Karı" a verilecek suyun debisi (maksimum) (L/s)

S: Arazi eğimi (%)

Q: Karığa verilmesi gereken en yüksek (maksimum) debi (L/s)

S: Arazi eğimi (%)

Örneğin eğimi % 0.2 olan karığa verilmesi gereken en fazla debi

$$Q = \frac{0.63}{0.2} = 3.15 \text{ L/s'dir.} \quad 11$$

Eğimi % 1.5 olan karık için en yüksek debi ise;

$$Q = \frac{0.63}{1.5} = 0.42 \text{ L/s'dir.}$$

Çizelge 3.3 Farklı toprak bünyesi, eğim ve uygulanacak sulama derinliğine göre önerilen en fazla (maksimum) karık boyları (m)

Eğim %	Uygulanan ortalama su derinliği (mm)											
	75	150	225	300	50	100	150	200	50	75	100	125
	Killi topraklar				Tınlı topraklar				Kumlu topraklar			
0.05	300	400	400	400	120	270	400	400	60	90	150	190
0.1	340	440	470	500	180	340	440	470	90	120	190	220
0.2	370	470	530	620	220	370	470	530	120	190	250	300
0.3	400	500	620	800	280	400	500	600	150	220	280	400
0.5	400	500	560	750	280	370	470	530	120	190	250	300
1.0	280	400	500	600	250	300	370	470	90	151	220	250
1.5	250	340	430	500	220	280	340	400	80	120	190	220
2.0	220	270	340	400	180	250	300	340	60	90	150	290

karık boyları: S
ara sabit debide sulama suyu uygulanır. Yüzey akı!

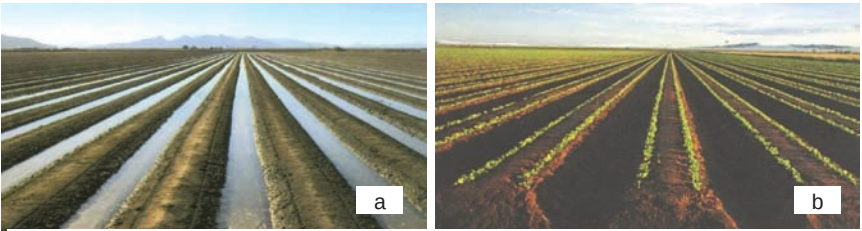
tekrar sulamada kullanılabilir. Aksi halde sulama

3.1.3.1 Karık Tipleri

a) Sabit Debili Sonu Açık Karıklar: Sulama eğimi doğrultusunda karık sonları açık olup, sulama süresi boyunca karıklara sabit debide sulama suyu uygulanır. Yüzey akış fazladır. Yüzey akışla toplanan sular tekrar sulamada kullanılabilir. Aksi halde sulama randımanı çok düşüktür. Bu karık tipi, karıklardan çıkan sulama suyunun tekrar kullanılması durumunda uygundur.

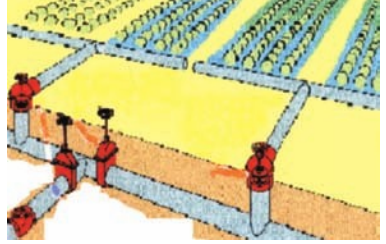
b) Değişken Debili Sonu Açık Karıklar: Sulama eğimi doğrultusunda karık sonları açık olup, sulama suyu karık sonuna ulaştığında, sulama süresinin arta kalan kısmında (net infiltrasyon süresi), karık debisi yarıya düşürülerek uygulama devam eder. Böylece yüzey akış azaltılarak, sulama randımanı yükseltilir. Eğer yüzey akışın tekrar sulamada kullanıma olanağı yoksa, değişken debili karık sulama yapılması tercih edilmelidir.

c) Kapalı Karıklar: Karıklar boyunca yeterli eğim yoksa, karık uçları arasındaki yükseklik farkı net sulama suyu derinliğini geçmiyorsa, karık sonları kapatılarak sulama yapılır. Karık sonları kapalı olduğundan hem kontrollü sulama yapılır hem de yüksek sulama randımanı elde edilir. Bu uygulamaya tıkalı karık veya göllendirmeli karık sulama da denir



Resim 3.4 İyi tesviye edilmiş bir arazide düz ve uzun karıklar(a), düz ve derin karık sistemi ile karık sonlarına ekilen bitkilerin sulanmasında kök bozaz su ile doğrudan temas etmez

Karik sulama yönteminde de, tarla başına getirilen sulama suyu, bitki kök bölgesine (karıklara) kapalı borularla ve otomasyon uygulanarak da verilebilir. Bu durumda, karıklara eşit su verilir, su iletim ve tarla sulama randımanı yükseilir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Karık sulama yönteminin otomasyon ile işlenmesi. Bu durumda sulama randımanı yükseilir

3.1.3.2 Karık Sulama İşletim

Biçimleri

a) Döngülü Karık: Bu sistemde, karık sonunda meydana gelen yüzey akışın toplandığı ve yeniden kullanılabilir hale getirildiği bir uygulama biçimidir. Buna döngülü karık veya kuyruk suyu sistemi de denilmektedir. Karık sonunda toplanan sular tarla başı kanalına tekrar pompalanarak sulamada kullanılır.

b) Azaltılmış Debili Karık: Karık uzunluğu boyunca toprağa giren su miktarını toprağın infiltrasyon hızına uydurarak yüzey akışını azaltmaktır. Debi azaltımı bir veya birkaç kez yapılır. Uygun alt yapı ile bu otomasyona bağlanabilir.

c) Delikli Borulu Karık (Cablegation): Bu sistemde karıklara dik olarak uzatılmış ve üzerinde delikler açılmış bir boru bulunur. Bu hem su dağıtımını hem de iletimini yapar. Borunun içerisinde bir halat aracılığıyla tutulan hareketli bir tıkaç vardır. Tıkaç, akışın boru içerisinde hareketini önler ve suyun deliklerden karıklara girmesine neden olur.

d) Fasilalı Karık (Surge flow): Sürekli karık sulamanın karşılığı bir yaklaşımdır. Bu sistemde karıklara belli aralıklarla su verilir. Verilen su daha sonra kesilir ve aynı süre boyunca hiç su verilmez. Akış ve kesiş süreleri 20 dakika ile 2 saat arasında değişir. İlk su kesilmesinden sonra aynı karıklara su tekrar verildiğinde su karık içinde daha hızlı hareket ettiğinden, karık başı ve sonu arasında daha iyi bir su dağılımı sağlanmaktadır.

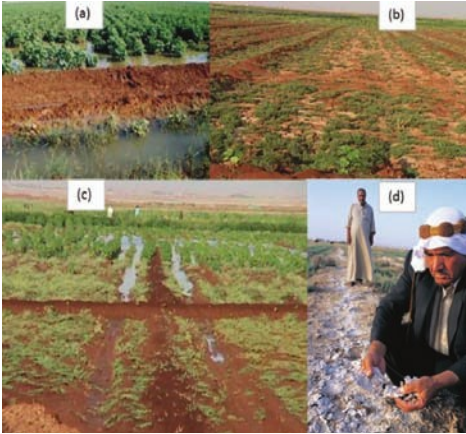
3.1.4 Yü zey Su la ma da Or ta ya Çı ka bi le cek So run lar

Yüzey sulama yöntemlerinin uygulanmasında, sulama suyunun iletiminden sulanacak araziye uygulanmasına kadar suyun kontrolü ve idaresi son derece önemlidir. Eğer gerekli alt yapı ve düzenlemeler (tesviye, kanallar, kontrol ve ölçüm yapıları, tava ve karıkların durumu, sulama alet ve ekipmanlar v.b.) yapılmamışsa, sulama suyunun kontrolü ve ideal bir sulama yapmak olanaksızdır. Bu durumda arazinin kimi yerleri yeterli su alamazken kimi yerlerinde aşırı sulama yapılabilir (Resim 3.5). Ayrıca, sulama suyu hem kanallarda hem de arazi içinde iyi kontrol edilemezse hem erozyonla toprak kayıpları artar hem de işçilik masraflarının artmasına neden olur.

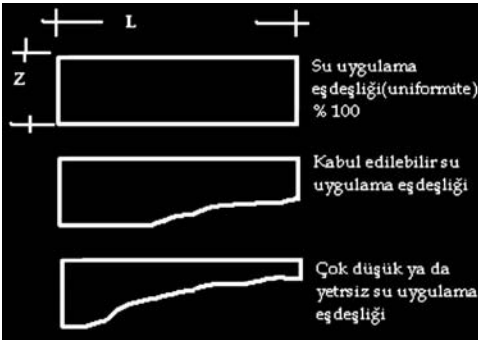


Resim 3.5 Uygun olmayan bir karık sulama.

Resim 3.5'de görüldüğü gibi, uygun olmayan bir karık sulama görülmektedir. Arazide hem yeterli tesviye yapılmadığı ve karıklar istenilen eğim ve doğrultuda açılmadığı için, arazinin kimi yerleri hiç sulama suyu alamazken kimi yerlerinde su birikmesi meydana gelmektedir. Bu tür uygulamalar, istenen düzeyde bir su dağılımı sağlamadığı gibi su birikimi olan yerlerde ise aşırı sulama nedeniyle zamanla tuzluluk ve drenaj sorunları oluşturacaktır. Resim 3.6'da kurak bir bölgede bilinçsiz yapılan bir sulama sonucunda (aşırı sulama, drenaj önlemlerinin alınmaması ve taban suyu yüksekliği) arazinin tuzlanarak elden çıkmış hali görülmekte-



Resim 3.6 Aşırı ve yanlış sulama (a) sonucu taban suyu yüksekliği (b ve c) ve arazilerin tuzlanması (d)



Şekil 3.8 Uzun tava ve karık sulamada yeterli ve yetersiz sulama. (L:Uzun tava veya karık boyu, Z:Uygulanan sulama suyu derinliği)

dir. Bu tür arazilerin geriye kazanımı ya da tamamıyla eski haline dönmesi hemen hemen olanaksız olabileceği gibi, uzun yıllar emek ve para gerektirmektedir.

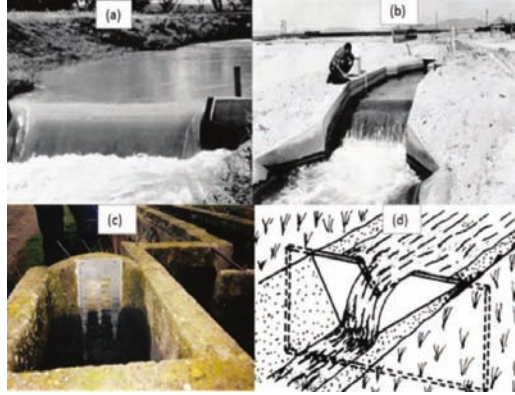
Ayrıca, yüzey sulamaların doğası gereği, genel olarak yüzey akış ve derine sızma olabilmektedir. Bu nedenle, yüzey sulamaların uygulandığı yerlerde fazla suyun araziden güvenle uzaklaştırılması için drenaj sistemlerinin kurulması gerekir. Aksi hale, kurak ve yarı kurak bölgelerde topraklarda kısa sürede tuzlanma ve sodyumlu- luk (çoraklaşma) sorunları oluşur (Resim 3.6).

Şekil 3.8'de uzun tava (border) veya karık sulamada tava veya karık boyunca sulamadan sonra farklı miktar ve sürelerde sulama suyu uygulamasına bağlı olarak meydana

gelebilecek su derinlikleri gösterilmiştir. Buna göre, Şekil 3.8'de (a) durumu aşırı sulamayı, (b) durumu kabul edilebilir yeterli bir sulamayı, (c) durumu ise yetersiz sulamayı göstermektedir.

3.1.5 Yüzey Sulamada Suyun Ölçülmesi

Tüm sulama sistemlerinde, sulamada sulama suyu ölçülemiyor ve kontrol altında değilse etkin bir su ve sulama yönetiminden bahsedilemez. Bu nedenle su kaynağı başlangıcından sulanacak tarlaya kadar, su dağıtım şebekelerinde ve tarlaya giriş noktalarında suyun miktarı ve/veya debisinin ölçülmesi gerekir. Yüzey sulamada, ana kanallar üzerine inşa edilen özel yapılar (savak gibi) sayesinde kanaldan geçen su ölçülerek, diğer kanallara, çiftliklere ve tarlaya verilmesi gereken sulama suyu miktarı kontrol edilebilir. Ayrıca suyun aktığı her yer ve noktada mutlaka suyun ölçülmesi gerekir. Ancak bu şekilde, etkin bir sulama yönetiminden söz edilebilir. Böylece, aşırı sulamadan kaçınılır, derine sızma, yüzey akış ve erozyon da en az düzeye iner. Resim 3.7’de açık kanal üzerine inşa edilmiş trapez ve dikdörtgen savak, tarlaya su alım yapısı ve su ölçüm eşeli ile üçgen savak görülmektedir.



Resim 3.7 Yüzey sulama sistemlerinde ana kanal üzerinde trapez su ölçüm savağı (a), bir kanal üzerinde dikdörtgen savak (b), tarlaya su alım noktasında bir ofis ve su yükseklik ölçüm eşeli (c) ve üçgen sava (d)

**Su la ma da su la ma su yu öl çü le mi yor ve kont rol
al tın da de ğil se et kin bir su
yö ne ti min den bah se di le mez.**

3.1.6 Yüzey Sulama Yöntemlerinin Uygulanmasında Kullanılan Aletler

a) Tesviye Aletleri

Önceki bölümlerde de açıklandığı üzere, yüzey sulama yöntemlerin tekniğine uygun yapılabilmesi için arazi yüzeyinin sulamaya uygun olması gerekir. Arazilerin yüzeyinin, sulama sırasında erozyon oluşturmayacak düzeyde bir eğimde düzeltilmesi (tesviye) zorunludur. Ağır tesviye dışında, sulanan arazilerin her yıl mutlaka ince ya da hafif tesviye yapılması gerekir. Bunun için de, normal çiftçi traktörlerinin çekebileceği Resim 3.8'de örneği görülen basit tesviye aletleri kullanılmalıdır. Bu işlem bitki ekim dikimi ve sulama sezonu öncesi yapılmalıdır.



Resim 3.8 Çiftçi traktörü ile kullanılacak ince tesviye aleti (tesviye küreği)

b) Kanal Pullukları

Kanal açma pullukları ekim yapıldıktan hemen sonra, arazi içinde su dağıtımının kolaylıkla yapılması için kullanılır. Bunlar genellikle 30-50 cm genişliğinde kanallar açabilmektedir. Kanal genişliğine göre kanal açma pulluğu ayarlanabilir (Resim 3.9a).

b) Sedde Aletleri

Uzun tava (border) sulama yönteminin uygulanması için arazinin seddelerle uzun bölümlere (şerit veya border) ayrılması gerekir. Sulama suyu iki sedde (border) arasında ilerler. Bu seddeler ise



Resim 3.9 Kanal açma pulluğu (a) ve sedde pulluğu (b)

özel yapılmış border diskleri ile yapılır (Resim 3.9b). Sedde yükseklikleri genellikle 20-25 cm taban genişlikleri ise 60-70 cm, geniş seddelerde ise bu genişlik 240 cm'ye kadar olabilmektedir.

c) Listerler ve Çapa Aletleri

(i) Listerler: Genellikle tarla içinde, karık sulamada hem suyun ilerlemesini sağlayan karıkların açılmasında hem de sıraya ekilen bitkilerde boğaz doldurma işleminde kullanılır (Resim 3.10a).

(ii) Çapalar: Çapalar, çok farklı amaçlar için kullanılabilir. Bunlar, toprağın derin işlenmesi, kabartma, yüzlek işleme, boğaz doldurma ve ot mücadelesinde (çapalama) kullanılır (Resim 3.10b). Sıraya ekilen bitkilerin yetiştirilmesinde gerekli olan çapalama (boğaz doldurma ve yabancı otlarla mücadele) yapılırken aynı zamanda kısmen bozulan karıkların oluşturulması veya yeniden düzeltilerek iyi bir karık sulama yapılması da sağlanmış olur.



Resim 3.10 Boğaz doldurma (lister) (a) ve kültivatör (b)

d) Dip Kazan

Sulu tarım yapılan arazilerde toprak işleme, ekim ve diğer hasat işlemleri yoğunlukla yapılır. Arazi üzerindeki alet-ekipman trafiği nedeniyle toprakların pulluk derinliği altında ve yaklaşık 20-25 cm derinlikte sert katman oluşur. Bu bitkilerin kök gelişimini ve suyun toprak içindeki hareketini kısıtlar. Bu nedenle, sulu tarım yapılan arazilerde oluşan bu sert tabakanın 3-4 yılda bir olmak üzere kırılması gerekir. Bu amaçla dip kazan aleti ile arazinin kuru durumda olduğu zamanda toprağın

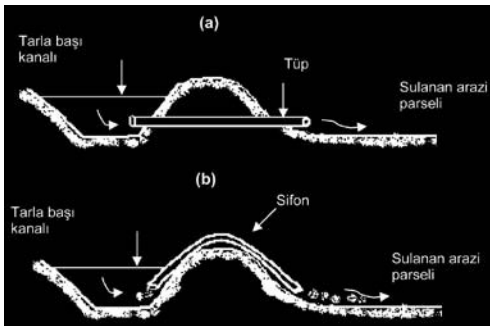


yaklaşık 70-90 cm derinliğinde kullanılarak oluşan bu sert tabakanın kırılması (patlatılması) sağlanır (Resim 3.11). Killi ağır topraklarda dip kazanın uç demirinin arkasına; gülle şeklinde yâda silindir biçiminde bir parça bağlanarak toprak içerisinde hem sert tabakanın daha iyi patlatılması hem de belli bir derinlikte bu parçanın geçtiği yerde boşluklar oluşturularak toprağın havalandırılması ve suyun toprakta hareketi kolaylaştırılmış olur.

e) Tüp, Sifon, Delikli Boru ve Savak

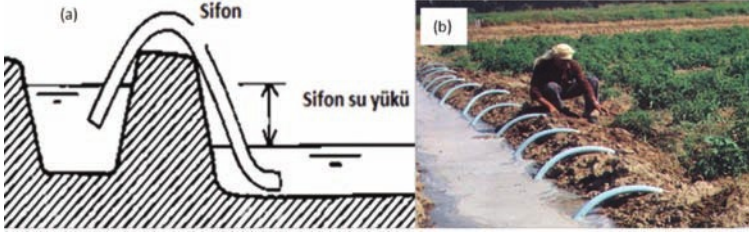
(i) Tüp ve Sifon: Yüzey sulamalarda sulama yapılırken, suyun açık tarla başı kanalından tavalara ya da karıklara verilmesi gerekir. Eğer sulama suyu herhangi bir alet kullanılmadan tarla başı sedde veya hendeklerin açılarak verilmesi durumunda toprak ve yeni ekili tarlalarda ise tohumların taşınmasına neden olarak erozyon oluşturur ve suyun kontrolü de son derece güçtür. Ancak, tarla başı kanalından yine tarla başındaki seddenin altına yerleştirilen iki ucu açık düz borularla (tüp) sulanacak tarlaya su geçişi kolaylıkla sağlanabilir (Şekil 3.9a). Tüpler genel olarak tavalarda suyun bir diğerine geçişinde çeltik sulamasında olduğu gibi kullanılır.

Tarla başındaki sedde bozulmadan, sulama suyu tarla başındaki sulama kanalından sedde üzerinden veya kanaletten özel yapılmış eğri



Şekil 3.9 Tarla başı kanalından suyun tüp (a) ve sifonla (b) alınması

borularla (sifon) tarla başına, tava veya karıklara alınabilir. Böylece hem su kontrolü hem de erozyon önlemleri daha kolay alınabilir. Sifonlar, bir ucu tarla başı kanalındaki su içinde olmak üzere, içindeki havanın boşaltılarak tava veya karık yönüne ve ucu daha



Resim 3.12 Kanaletten sifonla su alımı (a) ve tarla başı toprak bir kanalda sifonla domates sulaması(b)

alçakta olmak üzere suyun aktarılmasında kullanılır. Çapları 5-10 cm arasında değişen ve genellikle alüminyum veya plastikten yapılan eğri borulardır (Şekil 3.9b, Resim 3.12).

Kanaletlerden sifonlarla tarlaya alınan sulama suyu alınma noktasında hem kanaletlerin ayaklarına zarar vermemesi (oyuntu gibi) hem de tarla başında erozyona neden olmaması için özel önlemlerin alınması gerekir. Bu suyun düşme hızını kıran beton rögar, toprak içine yerleştirilebilecek plastik-naylon, telis, çalı parçaları ve sepet gibi basit ekipmanlar olabilir.

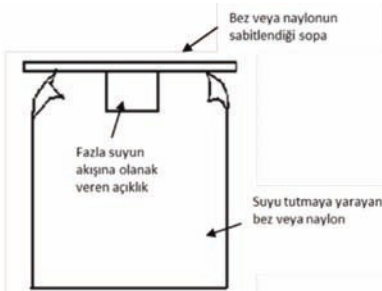
(ii) Delikli Boru: Yüzey sulama yöntemlerinin uygulandığı yerlerde sulama suyu tarla başına kapalı borularla da getirilebilmektedir. Kapalı borulardan alınan sulama suyu açığa aktığında yukarıda belirtilen tüp veya sifonlar yardımıyla kullanılabilirdiği gibi, özellikle sıraya ekilen ve karık sulama yönteminin uygulandığı durumlara, her karığa sulama suyu



Resim 3.13 Karık sulamada kullanılan delikli boru

dağıtımını yapacak şekilde üzerinde kontrollü (vana, tıpa gibi) delikleri bulunan borulardan yararlanılmaktadır. Bu borular genellikle PVC, PE veya alüminyum olarak üretilmekte ve her karışa istenilen miktarda sulama suyunun verilmesini sağlamaktadır (Resim 3.13).

(iii) Savak: Sulamalarda, tarla başı kanalından suyun önünü toprak, çalı-çırpı v.b. ile tıkamak yerine, kanal içine gerilerek suyun kanal içinde göllenmesine (şişirmeye) olanak veren ve böylece sifonla suyun tarlaya alınmasını kolaylaştıran “savak” adı verilen gergiler kullanılır. Bu savaklar, çadır bezi, çuval, naylon gübre torbalarından basit olarak yapılabilir. Yaklaşık tarla başı kanalı genişliğinden biraz daha geniş dikdörtgen olarak hazırlanan savak bezi veya naylon uzun kenarından bir sırık veya çıtaya çivilenir (Şekil 3.10). Tarla başı kanalındaki suyun önüne bu bez veya naylon üstteki sırık veya çıtası vasıtasıyla kanal üstüne sabitlenirse suyun önü kolaylıkla kesilebilir. (Ayrıca akan suyun debisini ölçmeye yarayan ve bundan farklı olan aygıtlara da savak denilmektedir)



Şekil 3.10 Kanalda suyun önünü kesmeye yarayan basit bir savak (a) savakın kanalda kullanımı (b)

3.2. Ba sınıç lı Su la ma Yön tem le ri

3.2.1 Yağmur la ma Su la ma Yön te mi

Yağ mur la ma su la ma yön te mi, su la ma su yu nun yağ mur la ma baş lık la rın dan be lir li ba sınıç al tın da püs kür tû le rek bit ki ve top rak yû ze yi ne uy

gu lan ma sı dır. Bu yön tem su lu ta rı ma uy gun her tür lü ik lim ko şul la rın da ve ta rı ma el ve ri ş li her tür lü top rak ta ve yü zey su la ma için uy gun ol ma - yan to pog raf ya ko şul la rın da da kul la nı la bi lir. An cak ağır bün ye li (kil li) to prag rak lar da yağ mur la ma hı zı de ğe ri nin özen le se çil me si ge re kir. Baş ka bir an la tım la, yağ mur la ma hı zı top ra ğın su al ma hı zın dan faz la ol ma ma lı dır. Ay rı ca bu yön tem he men he men tüm bit ki ler için kul la nı la bi lir. Uy gun baş lık ti pi, baş lık ve la te ral ara lık la rı se çil di ği tak dir de su la ma ran dı ma ve su la ma eş de ş li ği (uni for mi te) yük sek tir.

Su la ma su yu, ka pa lı bo ru sis te mi ile tar la ya ka dar ge ti ri lir ve su la ma - cak par sel içi ne bel li ara lık lar da yer le ş ti ri len su la ma bo ru la rı (la te ral) ü - rin de bu lu nan tek ve ya çift me me li yağ mur la yı cı lar la (baş lık) bel li bir ba - sınç al tın da uy gu la nır.

Yağ mur la ma su la ma sis tem le ri ya rı ya da tam oto ma tik ola rak ça lış tı rı la bi lir.

3.2.1 Yağmurlama Sulama Yöntemi

Yağmurlama sulama yöntemi, sulama suyunun yağmurlama başlıklarından belirli basınç altında püskürtülerek bitki ve toprak yüzeyine uygulanmasıdır. Bu yöntem sulu tarıma uygun her türlü iklim koşullarında ve tarıma elverişli her türlü toprakta ve yüzey sulama için uygun olmayan topografya koşullarında da kullanılabilir. Ancak, ağır bünyeli (killi) topraklarda yağmurlama hızı değerinin özenle seçilmesi gerekir. Başka bir anlatımla, yağmurlama hızı toprağın su alma hızından fazla olmamalıdır. Ayrıca bu yöntem bazı istisnalar hariç çoğu bitki için kullanılabilir. Uygun başlık tipi, başlık ve lateral aralıkları seçildiği takdirde sulama randımanı ve sulama eşdeşliği (uniformite) yüksektir.

Sulama suyu, kapalı boru sistemi ile tarlaya kadar getirilir ve sulanacak parsel içine belli aralıklarda yerleştirilen sulama boruları (lateral) üzerinde bulunan tek veya çift memeli yağmurlayıcılarla (başlık) belli bir basınç altında uygulanır.

Yağmurlama sulama sistemleri yarı ya da tam otomatik olarak çalıştırılabilir.

Yağmurlama sulama yönteminin üstünlükleri:

1. Yağmurlama sulama sistemlerinde uygun planlama ve projeleme yapıldığı takdirde su kullanım randımanı yüksektir.
2. Eğimli arazilerde erozyona neden olmadan kullanılabilir.
3. Su toprağa az miktarlarda ve toprağın su alma hızına yakın hızda verildiğinden dolayı genel olarak yüzey akış meydana gelmez.
4. Ekimde kaymak tabakası nedeniyle tohumun çıkmama riskini ortadan kaldırır.
5. Yüzey sulama yöntemlerine göre işletme ve işçilik masraflarında tasarruf sağlanır.
6. Toprak derinliği az olan sığ (yüzlek) topraklar için uygun bir sulama yöntemidir.
7. Yüzey sulamalarda olduğu gibi hendek-kanal açılması olmadığından arazi kayıpları önlenir.
8. Sulama suyu ile birlikte gübreler verilebilir.
9. Özellikle meyve bahçelerinin dondan korunmasını sağlar.

Yağmurlama sulama yönteminin kısıtları:

1. Günün sıcak saatlerinde sulama yapıldığında, bitki yaprakları ve çiçekleri üzerinde yağmur damlaları mercek etkisi yaparak yakma etkisi yapabilir.
2. Yağmur damlaları bitki yaprakları ve çiçekleri üzerinde hem fiziksel hem de bazı bozulmalara ve hastalıklara neden olabilir.
3. Rüzgarlı durumlarda su dağılımı uygun olmaz ve bu nedenle toprak yeterli ve dengeli sulanmayabilir.
4. Yağmurlama sulamada diğer sulama yöntemlerine göre buharlaş-

ma kayıpları daha fazladır. Bu nedenle günün serin saatlerinde ya da gece sulama yapılması tercih edilmelidir.

5. İlk yatırım masrafları yüzey sulama yöntemlerine göre daha fazladır. Ayrıca sürekli bir enerji gerektirir

3.2.1.1 Yağmur la ma Su la ma Sis tem le ri

a) Sa bit Sis tem ler: Topomp biriminden başlayarak tüm sistem unsurlarının sabit olduğu sistemlerdir. Genel olarak ana boru ve lateral hatları toprak altında gömülüdür (Resim 3.14). Bazı durumlarda ise lateraller toprak yüzeyinde olabilir. İlk yatırım masrafları oldukça yüksek olup, işçilik masrafları ise son derece azdır.



Resim 3.14 Ana boru ve laterallerin sabit olduğu bir yağmurlama sulama sistemi

b) Ya rı Sa bit Sis tem ler: Genel olarak pompa birimi ve ana boru hattı sabit laterallerin ise arazinin diğer bir bölümünün sulanması için taşındığı sistemlerdir. Taşınabilir sistemlere oranla ilk yatırım masrafları yüksek, ancak işçilik masrafları ise daha azdır (Resim 3.15).



Resim 3.15 Ana boru sabitlerin taşınabildiği yarı sabit bir yağmurlama sulama sistemi (Buğday ekimi yapılmış bir arazinin yağmurlama sulama sistemi ile sulanması)



Resim 3.16 Bitki boyu arttıkça yağmurlayıcı (başlık) da yükseltilerle bitki boyuna yakın veya üzerine gelecek şekilde ayarlanır

c) Taşıyıcı Sistemler: Sulama bittiğinde hem lateraller hem de ana borunun arazinin sulanacak olan diğer bölümüne taşındığı sistemlerdir. Bunların ilk yatırım masrafları düşük ancak işçilik masrafları yüksektir.

3.2.1.2 Hareketli Yağmurlama Sulama Sistemleri

Son yıllarda dünyanın farklı ülkelerinde farklı özelliklerde hareketli



Resim 3.17 Laterallerin tekerler üzerinde bulunduğu tekerlekli lateraller

yağmurlama sulama sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler ülkemizde pek yaygın olmamakla birlikte, bazılarının kullanımı son yıllarda artış göstermiştir. Bunların bazıları özel bir sınıflama yapılmaksızın kısaca aşağıda açıklanmıştır.

a) Tekerlekli Lateraller:

Yarı sabit sistemlerde, bazen lateraller tekerlekler

üzerinde monte edilmiş olarak çalışır. Sulama bittiğinde ise bu tekerlekler elle veya bir motor gücü ile hareket ettirilerek, arazinin diğer sulanmayan bölümüne hareket ettirilerek sulama yapılır (Resim 3.17).

b) Tamburlı (Makara) Hareketli Yağmurlama Sulama Sistemleri

Bu sistemlerde, ana makine gövdesi üzerinde bulunan makara (tambura) üzerine su taşıyıcı boruları (genellikle yumuşak PE) sarılıdır. Bu



Resim 3.18 Tek başlı makaralı (tamburlı) yağmurlama sulama sistemi

boru ucunda genellikle yüksek basınçta çalışan (4-6 atm) ve fırlatma mesafesi çok fazla olan (30- 75 m) ve genellikle tabanca (big gun) olarak adlandırılan başlık kullanılır. Ana makine, sulanacak olan arazi kenarında ya da su alım noktasında sabitlenir. Ana gövde üzerindeki sulama borusu arazi sonuna kadar

çekilerek sistem kurulur. Ana makine makaranın birim zamandaki döngüsü yağmurlama hızına göre ayarlanarak, çok düşük hızda (10 m/h gibi) makara dönerek, arazi başına dolayısıyla ana makine yönüne doğru boru çekilerek sulama yapılır. Başlık genel olarak 1800'den daha fazla açıda çalışır. Arazi başına gelindiğinde, sulama genel olarak otomatik olarak sonlandırılabilir (Resim 3.18). Bu sistemlerin en önemli kısıtları, yüksek basınç gerektirmesi ve rüzgarlı havalarda su dağılımının istenen düzeyde olmamasıdır.

c) Dairesel Hareketli (Center pivot) Yağmurlama Sulama Sistemleri

Bu sistemde sulama suyu dairesel olarak sürekli hareket eden lateral aracılığı ile uygulanır. Bir ucu sabit bir merkeze bağlı olan sistem, diğer ucu dairesel olarak belli hızda döner. Lateral borular birbirine kulelerle bağlanarak belli mesafelerde yer alan tekerlekler üzerinde çalışırlar. Bu tekerlekler belli bir güç kaynağı ile hareket ettirilerek dairesel dönmesi sağlanır. Lateral boyu 60-800 m arasında değişebilir. Yağmurlama başlıkları bu lateral üzerinde belli aralıklarla yerleştirilerek çalışır (Resim 3.19). Bu sistemler daha çok nispeten düz ve çok büyük alanlarda çalıştırılır. Sulama alanı 300-700 da arasında değişebilir. Bunlar pahalı sistemler olup (35 000 – 50 000 USD) olup, yüksek enerjiye (basınç) ihtiyaç vardır.



Resim 3.19 Dairesel hareketli (center pivot) yağmurlama sulama sistemi

Ülkemizde de son yıllarda dairesel hareketli sulama sistemleri kullanımı artmaya başlamıştır. Ancak, kullanımında toprak infiltrasyon hızına göre başlık seçilmediğinden arazi üzerinde su birikintisi oluşmakta ve bu ise, az da olsa yüzey akışa neden olmaktadır. Ayrıca, uygun sulama programlaması yapılmaması nedeniyle her sulamada ya az ya da çok sulama suyu verilmekte, bozulan başlık ve/veya memelerin yerine uygun olmayanların monte edilmesi, sulama sırasında taşıyıcı tekerlerin ıslanan toprak içinde hareketinin zorlaşması uygulamada ortaya çıkan sorunlar olarak gösterilebilir.

d) Doğru sal Hareketli (Li ne ar-møe) Yağmur lama Su lama Sis tem le ri

Bu sistemler, dairesel hareketli sulama sistemlerinde kare veya dikdörtgen alanlarda köşelerin sulanamaması üzerine geliştirilmiştir. Dairesel sistemlerde olduğu gibi ana eksen üzerinde birbirine bağlantılı lateraller üzerinde bulunan yağmurlayıcılarla sulama yapılır. Sistemin hareketi doğrultusunda sürekli bir su kaynağının olması gerekir (Resim 3.20). Sistem tarla başından sonuna doğru doğrusal olarak (düz) hareket ederek sulama gerçekleştirilir. Lateral uzunluğu 400 m'den fazla olabilmektedir.

3.2.1.3 Mi ni Yağ mur la ma (Mi ni Sprink) Su la ma Sis tem le ri

Bu sis tem ler dam la su la ma sis tem le rin de ol du ğu gi bi ben zer un sur la rı ta şır. Bu ra da kü çük yağ mur la yı cı lar kul la nı lır. De bi le ri ge nel ola r 30-300 L/h ara sın da de ği şir. İş let me ba sın cı ise 1-2 atm'dir. Ge nel ola rak mey ve bah çe le ri nin su lan ma sın da kul la nı lır. Bu ne den le ağaç al tı su la için uy gun bir sis tem dir. Ge nel ola rak her ağaç için bir yağ mur la yı cı olur ve ağaç taç iz dü şü mü ka dar bir ala nı ı s la tır. Bu ne den le ağaç sı ra ara la - rı ve sı ra üze rin de ı s la tıl ma yan alan ka la bi lir. Bu du rum şe ma tik ola rak Şe kil 3.11'de gös te ril miş tir. Bu sis tem de baş lık ara lı ğı sı ra üze rin de ağaç ara lı ğı na, la te ral ara lı ğı ise ağaç sı ra ara lı ğı ile ay nı dır. Ti pik bir mi ni yağ mur la yı cı ve tu runç gil su la ma sı Re sim 3.17'de gö rül mek te dir.

Üre ti ci fir ma ka ta log la rın da, baş lık tek nik özel lik le rin den, op ti mum let me ba sin cı, baş lık de bi si, ı s lat ma ça pı ve yağ mur la ma h ı z ı yer al ır. Mi ni yağ mur la ma su la ma sis tem le ri nin plan la ma ve ta sa r ı m ı dam la su la ma sis tem le rin de ol du ğ u gi bi dir.

Dam la su la ma da ol du ğ u gi bi faz la bir t ı kan ma ris ki yok tur. An cak, dam la su la ma ya gö re. bu har laş ma ka yıp la r ı kıs men faz la dır. Mi ni yağ - mur la y ı c ı lar ta r ım sal fa ali yet ler ne de niy le ba zen za rar gö re bil mek te di



Sekil 3.11 Mi ni yağmurla ma su la ma sis te min de yal nız ağaç taç iz dü şü mü su la nır ve boy ce arazinin tamam ı su lan ma ğ ın dan hem da - mas ı. ha et kin bir su la ma yal nız hem de su tasarufu sağ lan ır.

Resim 3.21 Bir tu runç gil ba ş e nin mi ni yağ mur la ma (ağ aç al tı) su la ma sis te m ile sulan

Mi ni yağ mur la ma su la ma sis tem le ri nin plan la ma ve pro je le me kri te ri ri dam la su la ma ile he men he men ay nı dır. Yal nız baş lık de bi si, yağ mur la ma h ı z ı ve ı s lat ma ala n ı yüz de si he sa b ı fark l ı dır. Bu ne den le, bun lar la il gi li eş it lik ler a ş a ğ ı da ve ril miş tir.

a) Yağ mur la ma H ı z ı

$$I_y = \frac{4q}{\pi D}$$

Eş it lik te;

I_y : Yağ mur la ma h ı z ı (mm/h),

q: Başlık debisi (L/h), D: Başlık ıslatma çapı (m)'dir.

Örneğin, debisi 100 L/h olan ve ıslatma çapı 4 m olan bir mini yağmur la ma baş lı ğı nın or ta la ma yağ mur la ma hı zı

$$I_y = \frac{4q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 100}{3.14 \times (4 \times 4)} = 7.96 \text{ mm/h} \quad \text{ola rak he sap la nır.}$$

b) ıslatma Alanı Yüz de si

$$P_w = 100 \frac{\pi D^2}{4 S_a S_s}$$

Eşitlikte;

P_w: ıslatma alanı yüz de si (%),

D: Başlık ıslatma çapı (m),

S_a: Ağaç sıra üzeri mesafesi (m),

S_s: Ağaç sıra arası mesafesi (m)'dir.

Örneğin ıslatma çapı 4.0 m olan bir mini yağmur la ma baş lı ğı, ağaç sıra üzeri 5 m ve sıra aralığı ise 6 m olan bir meyve bahçe sin de ça lış tı rı - lır sa ıslatma alanı yüz de si aşa ğı da ve ril di ği şe kil de he sap la na bi lir.

$$I_y = 100 \frac{3.14 \times (4 \times 4)}{4 \times (5 \times 6)} = \%42 > \%30 \quad \text{ol du ğ un danka bul edi le bi lir bir ıslatma alanıdır.}$$

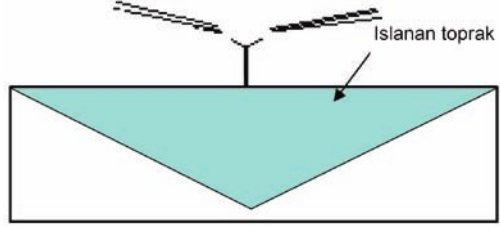
3.2.1.4 Yağmur la ma Su la ma Sis tem le ri nin Plan lan ma sı

Bir yağmurlama sulama sistemi, pompa ünitesi, ana boru hattı, lateral ler, yağmurlayıcılar (başlık) ve bağlantı parçalarından oluşur.

Yağmurlama sulama sistemi projelemesinde ise, su uygulama hızı, yağmurlayıcı (başlık) debisi, yağmurlayıcı ve lateral aralığı, günlük çalışma süresi, bir sulamada gerekli çalışma saati, sistem kapasitesi ve

gerekli güç kaynağının hesaplanması gerekir.

Yağmurlama sistemlerinin doğası gereği, sulama suyu miktarı başlık yakınında en fazla, başlıktan uzaklaştıkça genel olarak doğrusal olarak azalır (Şekil



Şekil 3.12 Tek bir yağmurlama başlığında su başlık yakınında en fazla iken başlıktan uzaklaştıkça azalır.

3.12). Arazi yüzeyinin istenilen düzeyde eşdeş (uniform) olarak sulanması için, aynı anda çalışan lateraller üzerindeki başlıktan çıkan ve başlığın ıslatma mesafesi (ıslatma çapı) kadar fırlatılan damlalar (sulama suyu), diğer başlıktan çıkan sulama suyu ve ıslatılan alanı örtmesi gerekir. Bu nedenle, uygun başlık ve lateral aralığının seçilmesi uygun bir su dağılımı için son derece önemlidir. Bu nedenle yan yana çalışan iki lateral (dolayısıyla başlıklar) arasındaki mesafe fazla rüzgarlı olmayan koşullarda ($< 2 \text{ m/s}$) başlığın ıslatma alanı genişliğinin (ıslatma çapı) en fazla % 65 olmalıdır. Rüzgar hızı arttıkça bu oran düşer. Başka bir anlatımla, lateraller ve başlıklar arası mesafe daralır (Çizelge 3.4). Bu durum ise sistem maliyetini artırır.

Çizelge 3.4 Değişik rüzgar hızlarında önerilen yağmurlayıcı aralıkları

Yerleştirme düzeni	Rüzgar hızı	Yağmurlayıcılar (Lateral) arasındaki mesafe
Kare veya dikdörtgen	2 m/s'den az	0.65 d
	2 m/s	0.60 d
	3.5 m/sn	0.50 d
Üçgen	2 m/s'den az	0,75 d
	2,0	0,70 d
	3,5	0,60 d

d: Bir başlığın ıslatma çapı

İki lateral arasına da ki mesafe; fazla rüzgarlı olma yan koşullar da ($< 2 \text{ m/s}$) başlığın ısılatılma alanı gerektirliğinin (ısılatılma çapı) en fazla % 65'i olmalıdır.

Tagimuhama sulama sistemleri planlamasında 2 temel yaklaşımla çok önemlidir.

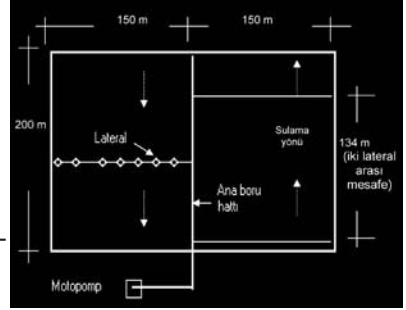
- 1. Sulama aralığını izin verilen en yüksek düzeyde tutmak**
(İşçilik masraflarının azaltılması)
- 2. Lateral sayısını izin verilen en az düzeyde tutmak**
(Sistem maliyetinin düşürülmesi)

3.2.1.5 Örnek Proje

Verilenler:

- | | |
|---|--|
| 1. Sulanacak bitki | : Şekerpancarı |
| 2. Arazi büyüklüğü | : 60 da (200 x 300 m) |
| 3. Bitki etkili kök derinliği | : 0.90 m |
| 4. Bitkinin günlük maksimum su tüketimi: | 8.8 mm |
| 5. Toprak bünyesi | : Kil |
| 6. Toprak su tutma kapasitesi | : 185 mm/m |
| 7. Toprağın su alma hızı (infiltrasyon) | : 7 mm/h |
| 8. Sulama randımanı | : % 85 |
| 9. Su Kalitesi | : T_2A_1 (530 micromhos/cm
= 0.53 dS/m) |
| 10. Su emme dinamik seviyesi | : 7 m |
| 11. Motopomp ile arazinin en yüksek noktası arasındaki yükselti farkı | : 4 m |
| 12. Rüzgar hızı | : 0-9 m/s |
| 13. Çiftçi sulamasını 8 günde bitirilmesini istiyor ve taşınabilir lateral sistemi kullanılacaktır. | |

(Toprakla ilgili veriler, gerçek arazi ölçümlerine dayanmalıdır. Yağmurlama sulama projelmesi için gerekli olan etkili kök derinliği, toprağın yarıyışlı su tutma kapasitesi, tüketilmesine izin verilen toprak su düzeyi ve toprak infiltrasyon hızı değerleri mevcut değilse, EK Çizelge 1, 2 ve 3'de verilen değerlerden yararlanılabilir).



A. Ön Ta s a r ı m

Mev cut ara zi bo yut la r ı, eğim du ru mu ve su kay na ğ ı n ın ye ri gi bi kri - ter ler göz önü ne al ı na rak en uy gun ön ta s a r ı m pa f ta üze rin de ya p ı l ır.

B. Su la ma Su yu Ge rek si ni mi:

1. Top rak ta kul la n ı la bi lir su mik ta r ı: Et ki li kök de rin li ğ i x Ya ra yı ş l ı su tut ma ka pa si te si = $0.90 \text{ m} \times 185 \text{ mm/m} = 167 \text{ mm}$

2. Her su la ma da ve ri le cek net su la ma su yu mik ta r ı:

$$167 \text{ mm} \times 0.60 = 100 \text{ mm}$$

(Bunun için topraktaki yarıyışlı su düzeyinin % 40 düzeyine düştüğünde sulama yapılması öngörülmüştür. Başka bir anlatımla toprakta tüketilmesine izin verilen su düzeyi % 60 olacaktır. Bu değerler bitkiden bitkiye ve çiftlik su yönetimine göre değişebilir)

3. Her su la ma da uy gu lan ma s ı ge re ken brüt su la ma su yu:

$$\frac{100}{0.85} = 118 \text{ mm}$$

(Su la ma ran d ı ma n ı % 85 ola rak ön gö rül müş tür)

Su la ma da kul la n ı la cak su la ma su yu tuz lu lu ğ u çok yük sek ol ma d ı ğ ı için, ay r ı ca y ı ka ma su yu he sa b ı ya p ı l ma mış tır.

C. Sistem Planlaması

1. Su lama aralığı: Net su lama suyu / Maksimum günlük su tüketimi

$$\frac{100}{8.8} = 11 \text{ gün}$$

2. Su lama süresi: Brüt su (mm) / uygun seçilen başlık yağmur lama hızı (mm/h)

$$\frac{118}{6.50} = 18 \text{ saat}$$

3. Sistem gerektiren su miktarı:

$$Q = \frac{A \times d}{3.6 \times F \times H} = \frac{60 \times 118}{3.6 \times 11 \times 18} = 10 \text{ L/s}$$

Eşitlikte;

Q: Sistem debisi (L/s),

A: Su lama cak alan (da),

d: Brüt su (mm),

F: su lama aralığı (gün),

H: Su lama süresi (saat)

4. Üretici firma kataloğundan, top rağın in filtrasyon hızına ya da başlık ve en geniş ter tip aralığı seçilince görece 2.5 atm basınçta 4.5x5.0 mm meçapın da ki başlık tipi ve 18x18 m ter tip te çalısan başlık ve la te ral aralığı uygun görül mek te dir. Bu na göre bu başlık 2/10 m ve fir lat ma me sa fe si 16 m ve yağ mur la ma h ızı ise 6.50 mm/h'dir. (Ek Çizelge 4)

5. Çift çisula mayı 8 gün debi tir me yi plan la mak ta dir.

6. La te ral sa yı sı: Su la na cak top lam alan/la te ral ba şı na dü ş en alan

$$1 \text{ La te ral ba şı na dü ş en alan: } 18 \text{ m} \times 150 \text{ m} \times 8 \text{ gün} = 21600 \text{ m}^2 = 21,6 \text{ da}$$

$$\frac{60 \text{ da}}{21.6} = 2.7 = 3 \text{ la te ral}$$

7. Top lam baş lık sa yı sı: 3 la te ral ça lı şa ca ğın dan ve her bir la te ral uzun lu ğu 150 m ol du ğu na:

$$\frac{150}{18} \times 3 = 25 \text{ baş lık} : 3 \text{ la te ral ol du ğu na gö re } 24 \text{ baş lık ol ma lı dır.}$$

Bu du rum da her la te ral de 8 baş lık bu lu na cak tır.

8. Baş lık la rın top lam de bi si: $24 \times 2,10 \text{ m}^3/\text{h} = 50,4 \text{ m}^3/\text{h} = 14.0 \text{ L/s}$

9. 1 la te ral de bi si: $2.10 \text{ m}^3/\text{h} \times 8 = 16,8 \text{ m}^3/\text{h} = 4,7 \text{ L/s}$

10. Bu sis tem plan la ma sı na gö re ge rek li de bi:

$$Q = \frac{A \times d}{3.6 \times F \times H} = \frac{60 \times 118}{3.6 \times 8 \times 18} = 13,7 \text{ L/s}$$

Sis te me ge rek li de bi yağ mur la yı cı la rın sar fet ti ği su mik ta rın dan fa la de ğil dir. Bu uy gu la ma ile bit ki nin ih ti ya cı olan su top ra ğa ve ril mek te d

D. Uygun Bo ru Ça pı nın He sap lan ma sı:

Bu bö lüm de top lam sis tem de bi si ne gö re ge rek li olan bo ru çap la rı ve mo tor gü cü he sap la na cak tır. Bu nun için yi ne üre ti ci fir ma ka ta log la rın d ve ri len fark lı de bi ve bo ru çap la rı na gö re ha zır lan mış yük ka yıp la rı cet v lin den ya rar la nı lır.

a) Ana bo ru yük kay bı (PVC): (Mo to pomp ile par sel sı nı rı ara sın - da ki me sa fe 50 m olup, ara zı içe ri sen de ki ana bo ru hat ı ise 190 m ola - rak plan lan mış tır. *(Yük kayıpları için EK Çizelge 5'den yararlanılmıştır.)*

Debi	Boru dış çapı	Yük kaybı hesabı	Yük kaybı
14.0 L/s	ø 110	200 m x 0,0270	: 5,4 mSS
4,7 L/s	ø 90	40 m x 0,0098	: 0,392 mSS
5,80 mSS			

mSS: metre su sütunu

a) La te ral Yük kay bı (PE):*(Yük kayıpları için EK Çizelge 6'dan yararlanılmıştır)*

4,7 L/s	ø 90	150 m x 0,0060	: 0,90 mSS
Su emme dinamik seviyesi			: 7 mSS
Arazi kot farkı			: 4 mSS
İşletme basıncı			: 25 mSS
Diğer yük kayıpları (Genel yük kayıplarının % 5'i)			: 2,13 mSS
Toplam yük kaybı: .44,8 = 45 mSS			

E. Bo ru Ebat la rı nın Uy gun lu ğu nun Kont rol ü**a) Ana bo ru da izin ve ri le bi lir ba sınç kay bı:**

$$H_a = H_m \times 0.15$$

H_a : Ana bo ru da izin ve ri le bi lir ba sınç kay bı (atm)

H_m : Pom pa nın üre te ce ği top lam ba sınç (atm)

$H_a = 45 \times 0.15 = 6.75 > 5.80$ ol du ğun dan bo ru ebat la rı uy gun dur.

b) La te ral bo ru lar da izin ve ri le bi lir ba sınç kay bı:

$$H = 0.20 H_o \pm H_g$$

H : La te ral hat tın da izin ve ri le bi lir ba sınç kay bı (m)

H_o : İş let me ba sın cı

H_g : La te ra lin iki ucu ara sın da ki kot far kı

La te ral le rin eğim yu ka rı ça lış tı rıl dı ğı ve yak la şık 1.5 m kot far kı ol du ğu ka bul edil mi ş tir. Bu du rum da H_g de ğe ri çı ka rı la cak tır.

$H = 0.20 \times 25 - 1.5 = 3,5 > 0,90$ ol du ğun dan bo ru eba dı uy gun dur.

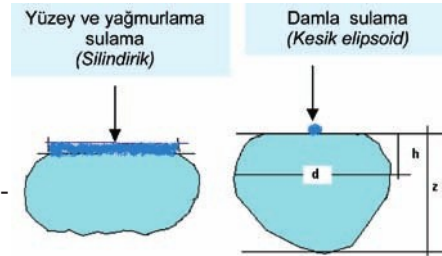
E. Güç Ge rek si ni mi nin He sap lan ma sı:

$$\text{Mo to pomp gü cü} \frac{Q \times H_m}{75 \times 0.60} = \frac{14,0 \times 49}{75 \times 0.60} = 15,2 \approx 16 \text{ BG gü cü alınabilir}$$

3.2.2. Dam la Su la ma Yön te mi

Damla sulama, bitkinin gereksinim duyduğu sulama suyunun bitkinin kök bölgesi yakınına kapalı borularda bulunan damlatıcı kanalıyla düşük basınçta (genellikle 1 atm) ve az miktarlarda uygulanmasıdır. Damla sulamada temel ilke, bitkide su eksikliğinden kaynaklanan bir gerilim yaratmadan ve her defasında az miktarda sulama suyunun diğer sulama yöntemlerinin aksine sık aralıklarla uygulanmasıdır. Bu nedenle damla sulamada, toprak su içeriği yüzey ve yağmurlama sulama yöntemlerine göre yetiştirme mevsimi boyunca nispi olarak daha yüksek olup, neredeyse tarla kapasitesi düzeyine yakındır.

Lateral üzerinde bulunan damlatıcılar vasıtasıyla damlatıcıya belli bir basınçta giren sulama suyu damlatıcıdan toprak yüzeyinde basınçsız olarak bırakılır. **Sulama suyu damlalar halinde toprak yüzeyine verildiğinden genel olarak toprak yüzeyinde sulama suyu birikimi ve yüzey akış söz konusu değildir.** Damlatıcı debileri toprak bünyesi ve toprağın infiltrasyon hızına bağlı olarak genellikle 1-8 L/h arasında değişir. Ancak daha büyük debili damlatıcılar da bulunmaktadır. Son yıllarda 1 L/h'in altında damlatıcılar da kullanılmaktadır. Bu pratikte sulama süresini çok uzattığı için arzu edilmez. Ancak sera ve topraksız kültür koşullarında otomasyonun da verdiği kolaylıklarla günlük ve günde birkaç kez sulama yapılarak kullanılabilmektedir.



Şekil 3.13 Yü zey ve yağ mur la ma su la ma ile damla su la ma yön te min de su yun toprak içindeki dağılımı. (d: Dam la sulamada en ge niş is lan ma alanı ge niş li ği; h: En ge niş is lan ma ala nı nın toprak yüzeyi ne olan me sa fe si, z: Top rak yüzeyi n deri ne son is lan ma deri ni ği arasın daki me sa fe)



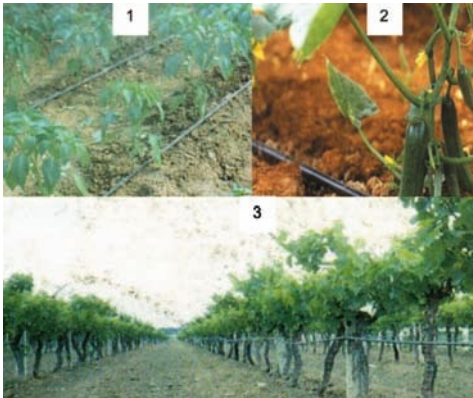
Resim 3.22 Damlama sulamada, damlatıcılar vasıtasıyla yalnızca bitki kök bölgesine su verilir ve arazinin önemli bir bölümü kuru kalır

Yüzey ve yağmurlama sulama yöntemlerinde toprağa uygulanan sulama suyu toprak içinde genellikle aynı derinlikte iken, damla sulamada ise tek nokta çıkışlı olduğu için elipsoid (soğan şekli) bir şekil alır (Şekil 3.13).

Damla sulamada sulama suyu yalnızca bitki kök bölgesine verildiğinden, arazinin tamamı sulanmaz. Toprak yüzeyinin önemli bir bölümü kuru kalır (Resim 3.22). Bu nedenle diğer sulama yöntemlerine göre su kullanım etkinliği çok yüksek olup, önemli düzeyde su tasarrufu sağlanır.

Yapılan araştırmalar yüzey ve yağmurlama sulama yöntemlerine göre % 30-60 oranında su tasarrufu sağlanabildiğini göstermiştir. Buna bağlı olarak da genel olarak daha yüksek verim ve kalitede ürün elde etmek mümkündür. Sulama randımanı genel olarak % 95 düzeyindedir.

Ayrıca, damla sulamada nispi olarak tuz içeriği daha yüksek sulama suları kullanılabilir. Yüzey ve yağmurlama sulama-



Resim 3.23 Domateste (1), hıyarda (2) ve bağda (3) damla sulama

larda sulama aralığı daha geniş olduğundan, izleyen sulamadan önce toprak su içeriği çok düşük olup, toprak neredeyse kuru koşullara sahiptir. Bu koşullarda topraktan suyun bitki kökleri ile alınması zorlaşır.

Bitki kök bölgesinde toplam su potansiyeli, matrik ve osmotik potansiyelinin toplamıdır. Damla sulamada, topraktaki su düzeyi sık aralıklarla sulama yapıldığı için bitki yetiştirme mevsimi boyunca daha yüksektir. Hatta tarla kapasitesine yakın düzeydedir. Bu nedenle matrik potansiyel neredeyse sıfıra yakındır. Bu nedenle, bitki kökleri topraktan suyu alabilmeleri için bir gerilim-sıkıntı içinde olmazlar. Tuzlu su kullanımında ise bitki kök bölgesinde osmotik potansiyel yüksektir, başka bir anlatımla nispi olarak daha büyük negatif değerdedir. Buna karşın, matrik potansiyel sıfıra yakın olduğu için, damla sulamada tuz içeriği yüksek sular bitkiye zarar vermeden kullanılabilir. Bu durum diğer sulama yöntemleri için geçerli değildir.

Damla sulamada en büyük sorun sulama suyuna göre değişmekle beraber, gerekli önlemler alınmadığı zaman damlatıcıların tıkanmasıdır. Çünkü damlatıcıların suyun geçişine olanak veren çok küçük delikleri olduğu için, sulama suyunda bulunan, yüzen ve suda çözünen kimi maddelerle (kum, askıdaki cisimler, kireç, alg v.b.) tıkanabilmektedir.



Resim 3.24 Domateste yapılan bir damla sulama denemesi.(yüzey sulama yöntemlerine göre hektar başına iki kat daha fazla verim elde edilmiş hem de sulama suyu tasarrufu sağlanmıştır).



Resim 3.25 Damla sulama da la tabl ve damlatıcılar uy gulan ta rım tek niki ne göre ü rü m na da dōşenebilir.

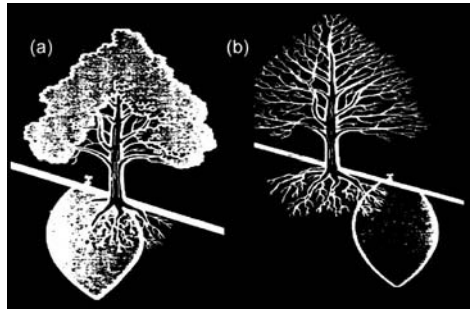


Resim 3.22 Damla sulama ile pamuk yetiştirilmesi.

Damla sulama sistemleri örtü altı sebze yetiştiriciliğinde de başarı ile kullanılmaktadır. Lateraller ve damlaticılar örtü altında olduğundan buharlaşma kayıpları yok denecek kadar azdır. En önemli kısıtı ise tıkanan ya da bozulan damlaticıların izlenememesidir (Resim 3.25)

Damla sulama yöntemi öncelikle pazar değeri yüksek sebze ve meyvelerde kullanılsa da, suyun yetersiz ve pahalı olduğu yerlerde, gelişen teknolojilerin verdiği kolaylıklarla özellikle sıraya ekilen tarla bitkilerinde de kullanılmaktadır. Şanlıurfa-Harran Ovasında pamukta yapılan bir çalışmada, damla sulamadan karık sulamaya göre % 21 daha yüksek verim elde edilmişken, aynı zamanda su kullanım etkinliği ise % 26 daha fazla olmuştur.

Damla sulama önlemler alındığı takdirde hemen hemen tüm topografik koşullarda kullanılabilir. Özellikle dik eğimli arazilerin sulanmasında, lateraller ve damlaticılar ağaçların eğim yukarı kısmına yerleştirilmelidir. Aksi halde toprağa uygulanan



Şekil 3.14 Dik eğimli arazilerde lateraller ve damlaticılar eğim yukarısında olmalıdır. Doğru (a) ve yanlış (b) yerleştirilmiş damlaticılar.

sulama suyu eğim nedeniyle kök bölgesi dışına hareket edecek ve bitki yararlanamayacaktır (Şekil 3.14)

Dam la Su la ma Yön te mi nin Üs tün lük le ri:

1. Damla sulamada arazinin belli bir alanı sulandığından bir bölümü kuru kalır. Ayrıca, ıslatılan alan bitkiler tarafından gölgelendiğinden buharlaşma kayıpları azdır. Bu nedenle kullanılan sulama suyu az, su kullanım etkinliği fazladır.

2. Arazinin bir bölümü kuru kaldığından yabancı ot gelişimi bu bölgede olmaz. Ayrıca tarımsal faaliyetlere genel olarak engel teşkil etmez.

3. Toprakta tarla kapasitesine yakın su olduğundan yetiştirilen bitkilerin verim ve kalitesinde artış sağlanır.

4. Bitki besin maddeleri sulama suyu ile birlikte verilebildiği (fertigas-yon) için bitkinin ihtiyaç duyduğu dönemlere göre gübreleme yapılabilir. Bu ise verim ve kaliteye olumlu etki eder.

5. Yüzey sulama yöntemlerinin uygulanamadığı topografik koşullarda uygulanabilir.

6. Yağmurlama sulamaya göre daha düşük basınç gerektirir.

7. Tuzlu sular sulamada kullanılabilir.

Dam la Su la ma nın Kısıtları:

1. İlk yatırım maliyeti yüksektir.

2. Kalifiye ve eğitilmiş işgücü gerektirir.

3. Damlatıcıların tıkanma riski yüksektir. Bu nedenle çok iyi bir filtreleme yapılması gerekir.

4. Yıllık yağışı 300 mm'nin altında olan bölgelerde, toprağın üst katmanlarında tuz birikimine neden olabileceği için, ayrıca diğer yöntemlerden birisi ile yıkama yapılmasını gerektirebilir.

3.2.2.1 Yüze yal tı Dam la Su la ma



Resim 3.27 Yüze yal tı dam la sulama yöntemi

Damla sulama sistemleri genel olarak toprak üstünde kurulum yapılır. Ancak son yıllarda toprak altında çalışan damla sulama sistemleri de işletilebilmektedir. Yukarıda belirtilen tüm özellikler bu sistemler için de geçerlidir.

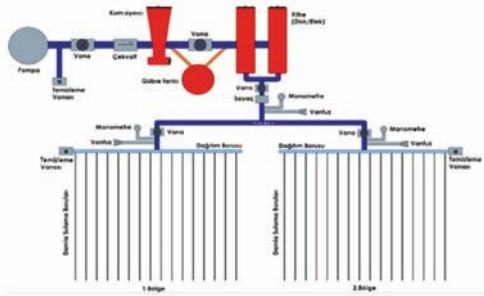
Tek farkı, lateral ve damlatıcıların

toprak altında olmasıdır. Ayrıca, damlatıcılar yüzey damla sulama sistemlerinde belli aralıklarla olduğu gibi ve ayrıca lateral üzerinde mikro gözenekli olarak imal edilip (porous pipe), tüm lateralden toprak içine sulama suyu verilebilmektedir (Resim 3.27). Lateraller, yetiştirilen bitki ve toprak bünyesine bağlı olarak değişmekle beraber genel olarak pulluk katmanı altına (30-40 cm), sıra bitkileri için her sıraya bir lateral olacak şekilde yerleştirilir. Toprak üzeri kuru kalır. Bu sistemin en önemli kısıtı, ilk ekim-dikimde çimlenme ve genç bitkilerin yeterli suyu topraktan yeterince alamamasıdır. O nedenle bu devrede başka bir sulama sistemi ile ilk sulama yapılması gerekebilir. Ayrıca sistem toprak altında olduğu için bakım-onarımı daha zordur.

3.2.2.2 Dam la Su la ma

Sis te mi nin Un sur la rı

Bir damla sulama sistemi, su kaynağı, pompa birimi, hidrosiklon (kum ayırıcı), kumçakıl tankı, gübre tankı, elek veya disk filtre, ana ve yan boru (manifold) hatları, lateral ve damlatıcılardan meydana



Şekil 3.15 Bir damlama sulama sisteminin unsurları ve yerleşim düzeni

gelir. Bir damla sulama sisteminin unsurları ve yerleşim düzeni şematik olarak Şekil 3.15'de gösterilmiştir. Ayrıca bir damla sulama sisteminin kontrol ünitesi Resim 3.28'de görülmektedir.

a) Su Kaynağı

Damla sulamada yüzey ve yağmurlama sulama yöntemlerine göre kısmen daha sorunlu sular kullanılabilir. Örneğin tuz içeriği yüksek sular diğer sulama yöntemlerinde önemli bir kısıt oluştururken, damla sulamada kullanılabilir. Ancak, fazla miktarda kalsiyum ve magnezyum bileşikleriyle demir bileşiklerini içeren sular damla sulama için uygun olmaz.

b) Pompa Birimi

Gerekli olan işletme basıncının sağlanması için, su kaynağına bağlı olarak santrifüj, derin kuyu ya da dalgıç tipi pompalardan birisi kullanılır.

c) Kontrol Birimi

Kontrol birimi hidrosiklon, kum-çakıl tankı, gübre tankı, ince filtre, basınç ölçer, su sayacı ve vanalardan meydana gelir.

(i) **Hidrosiklon** Suda bulunabilecek kum parçacıklarının sisteme girmeden önce tutulduğu araçtır. Su hidrosiklonun üst kısmından çepere doğru girer ve çeper boyunca bir girdap oluşturarak aşağı doğru iner. Daha sonra aşağıda daralan kısımdan yukarı genişleyen kısma doğru



Resim 3.27 Yüzey altı damla sulama yöntemi



Resim 3.28 Bir damlama sulama sisteminde kontrol ünitesi (motopomp, kum-çakıl tankı, gübre tankı ve filtreler)

yükselir. Suyun yükselmesi sırasında kum parçacıkları ağır olduğundan tabanda kalır. Kumdan arınan su sisteme verilir.

(ii) Kum-Ça kıl Filt re Tan kı Sulama suyunda bulunabilecek sediment ve yüzen cisimleri tutmak için kullanılır. Tankın içinde sırasıyla çakıl-kum-çakıl katmanları bulunur. Üstten giren su bu katmanları geçerken su içindeki sediment ve yüzücü cisimler tutularak temiz su olarak alttan sisteme verilir. Tankın alt kısmında kum hareketini önleyen elek bulunur. Ayrıca zaman zaman kum-çakıl tankının temizlenmesi için geri-tersine yıkama yapılır.

(iii) Güb re Tan kı: Damla sulamada gübrelerin uygulanmasında sulama suyu ile verilmesi esastır ve sulama suyu ile gübrelerin birlikte verilmesine ise fertigasyon denir. Bu nedenle, bu sistemlerde ayrıca bir gübre tankı bulunur. Gübre tankı kum-çakıl tankından sonra ana boru üzerine giriş ve çıkış vana ve hortumları ile bağlıdır. Gübreleme yapılacağı zaman, ana boru üzerindeki vana hafif kapatılarak sulama suyunun gübre tankına girmesi sağlanır. Basıncın etkisiyle de diğer çıkış hortumu vasıtasıyla suda çözünmüş gübre sulama suyu ile birlikte ana boruya verilmiş olur. Ayrıca, ayrı bir güç kaynağı ile gübre tankından alınan gübre çözeltisi sisteme istenilen miktarda ve zamanda da verilebilmektedir.

(iv) Elek Filt re: Elek veya disk filtre gübre tankından sonra sistemde yer alır. Kum-çakıl filtre tankından süzülemeyen sediment ve gübre tankından gelebilecek gübre parçacıkları elek-filtrede tutulur. Genellikle 80-200 mesh arasında olması önerilir.

(v) Basınç Öl çer: Kum-çakıl tankı giriş ve çıkışı ile elek filtre çıkışı-na basınç ölçer yerleştirilir. Buna neden, hem sistem basıncını izlemek hem de filtrelerdeki tıkanma olup olmadığının basınç farklığından bilinmesi içindir

d) Ana Bo ru Hat tı

Ana boru hattı suyu kaynaktan yan boru hatlarına (manifold) iletir. Çapları sistem debisine bağlı olarak değişir. Genellikle toprak altında ve PVC borulardan oluşur.

e) Yan Bo ru (Ma ni fold) Hat la rı

Yan boru hatları, sulama suyunu ana borudan laterallere iletir. Yan boru hatlarının neden gerekli olduğu ise, eğer lateraller doğrudan ana boru hattına bağlanırsa, her laterale bir vana bağlanması gerekir. Bu ise hem sistem maliyetini artırır hem de sistem işletimini zorlaştırır. Bunun yerine belirli sayıdaki lateral hatları yan boru hattına bağlanarak ana boru ile bağlantısı bir vana sayesinde sağlanır. Ayrıca su kaynağı yetrli değilse, arazilerin bölümlerinin sırası ile sulanması sağlanır. Yan boru hatları eğim aşağı veya tesviye eğrilerine paralel döşenmelidir.

f) La te ral ler

Toprak yüzeyine serili olan ve üzerinde damlatıcıların olduğu bitki ya da meyve ağaçları sıralarına yerleştirilen PE borulardır. Bazı durumlarda her iki bitki sırasına bir lateral döşenebilir. Ayrıca, toprak altında da damla sulama yapılabilir. Bu durumda sistem toprak altında çalıştığından, lateral üzerinde bulunan damlatıcılar veya deliklerden çıkan sulama suyu toprağın 30-40 cm arasında değişen derinliğine bırakılır. Su, kapillarite ile yukarı, yerçekimi ve yine kapillarite ile aşağı doğru hareket ederek, bitki kök bölgesi ıslatılır.

g) Dam la tı cı lar

Lateral üzerinde bulunan ve sulama suyunu damlalar halinde toprağa uygulayan parçalardır. Bunlar, lateral üzerine geçik (on-line) ve lateral boylamasına geçik (in-line) olmak üzere iki tipte imal edilmektedir.

Damla sulama sisteminde işletme basıncı (damlatıcı giriş basıncı) ile damlatıcı debisi arasında aşağıda verilen ilişki vardır.

Dam la tı cı basıncı ge nel ola rak 1 atm'den kü çük ol ma ma lı dır. Faz la olur sa ener ji gi der le ri ar tar.

$$q = K_d h^x$$

Eşitlikte;

q: damlatıcı ebisini (L/h),

K_d : Damlatıcı yapım biçimine bağlı katsayı,

h: İşletme basıncı (m),

x: Damlatıcıda akış rejimine bağlı katsayıdır.

Eşitlikteki x, akış rejimine bağlı olarak 0.5-1.0 arasında değişen bir katsayıdır. Akış türbülanslı olduğunda 0.5, laminar olduğunda ise 1.0'dir. Tamamıyla basınç-regülatörlü (full compensated) damlatıcılarda ise $x=0$, uzun akış yollu damlatıcılarda ise 0.7-0.8'dir. Ayrıca üretici firma kataloglarında basınç-debi ilişkilerini gösteren bilgiler yer almaktadır.

Damlatıcı debisi, toprak bünyesine dolayısıyla toprağın su alma hızına (infiltrasyon) bağlı olarak değişir. **Damlatıcı debisi genel olarak ağır (kil) bünyeli topraklarda 2-4 L/h, orta bünyeli topraklarda 4-6 l/h ve hafif bünyeli (kum) topraklarda ise 6-16 L/h arasında seçilmesi önerilir.**

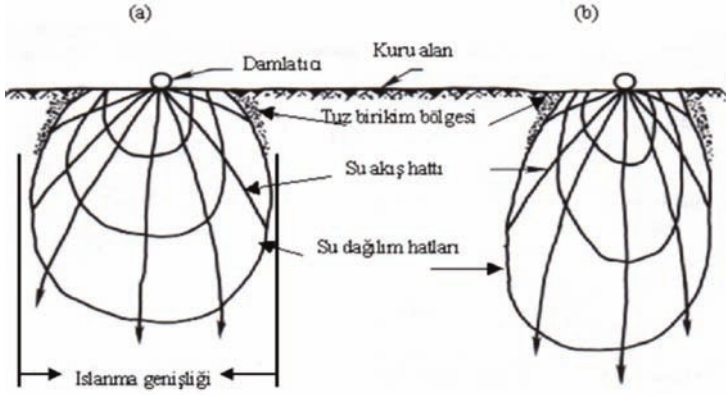
Damlatıcı debisi genel olarak 1 atm'den küçük olmamalıdır. Fazla olursa da enerji giderleri artar.

3.2.2.3 Dam la Su la ma Sis te min de Is lat ma De sen le ri ve La te ral

Ter tip Bi çim le ri

Damla sulama yönteminde, bir damlatıcıdan çıkan sulama suyu, üstten görüldüğünde toprak yüzeyinde genel olarak dairesel ve toprak içinde ise elipsoid (soğan şekli) bir şekilde toprağı ıslatır.

Islanma şekli toprak bünyesi ve damlatıcı debisine bağlı olarak değişir. Aynı debili damlatıcılarda, ağır bünyeli (kil) topraklarda ıslanma genişliği daha fazla, ıslanma derinliği ise daha az iken, hafif bünyeli



Şekil 3.16 Bir damlatıcı altında ağır bünyeli (kil) (a) ve hafif bünyeli (kum) (b) toprakta su dağılımı (kumlu) topraklarda ise ıslanma genişliği daha az, ıslanma derinliği ise daha fazladır (Şekil 3.16).

Damla sulama yönteminde, arazinin bir bölümü sulanıp bir bölümü ise kuru kaldığından, ıslanan bölümün hacmi ve özellikleri, toprak, bitki ve kullanılan sisteme (lateral aralığı, damlatıcı debisi, damlatıcı tipi ve aralığı gibi) bağlıdır. Ayrıca toplam sulanacak alana göre hesaplanan sulama suyu miktarı “ıslatılan alanın yüzdesi “ (P_w) ile ayrıca düzeltilmesi gerekir. Bu diğer yüzey ve yağmurlama sulama yöntemlerine göre neden daha az sulama suyu verildiğini de açıklamaktadır.

Ayrıca sulama suyu hesabında, sebzelerde ve tarla bitkilerinde ıslanma alanı yüzdesi yerine bitki gelişime bağlı olarak değişen örtü yüzdesi değerleri de kullanılabilir.

Sistem planlamasında ıslatma alanı yüzdesinin (P_w') doğru olarak tespit edilmesi son derece önemlidir. Bu oran genel olarak toplam alanın % 30-70 arasında değişir. Düşük ıslatma alanı yüzdesinin değerlerinin alınması daha az sulama suyu uygulamasını ve buna bağlı olarak da buharlaşma kayıplarının daha az olmasını sonuçlar. Ayrıca sistem

maliyetini de düşürecektir. Ancak dar sıralı bitkilerde (sıra aralığı 1.80 m'den az) Pw bazen % 100'e kadar çıkabilir.

Islatma alanı yüzdesi, arazide ölçülerek bulunması daha doğru bir yaklaşımdır. Bu ise, bir damlatıcı altında ıslatılan toprak genişliğinin (toprak yüzeyinden yaklaşık 20-25 cm derinlikteki ıslanan genişliktir) lateral aralığına oranlanması ile bulunur.

Topraktaki su düzeyi damlatıcı yakınında en fazla, ıslatılan alanın çeperlerine doğru ise daha azdır. Toprak içinde ve sulama suyunda bulunan tuzlar suda eriyik halinde bu çeperlere doğru itilirler ve toprak yüzeyine yakın bu çeperlerde tuzlar birikir (Şekil 3.16).

a) Dam la tı cı Ara lı ğı nın Tes pit Edil me si

Dam la tı cı ara lı ğı, top ra ğın su al ma hı zı ve dam la tı cı de bi si nin bir iş le vi olup, aşağı da ve ri len eşit lik yar dı mıy la he sap la na bi lir.

$$S_d = 0.9 \sqrt{\frac{q}{l}}$$

Eşit lik te;

Sd: Dam la tı cı ara lı ğı (m),

q: Dam la tı cı de bi si (L/h),

l: Top ra ğın su al ma hı zı (mm/h)

Ör ne ğin, sit li-kil bir top rak ta 3 L/h de bi li bir dam la tı cı kul la nıl ma sı ön gö rül sün. Top ra ğın su al ma hı zı da 7 mm/h'dir. Bu na gö re dam la tı cı ara lı ğı: $0.9 \sqrt{\frac{3}{7}} = 0.59 \text{ m} \approx 0.60 \text{ m} = 60 \text{ cm}$ alı na bi lir. Bulunan bu değ er maksimum damlatıcı aralığı için bir kıstas olarak alınabilir. Ancak uygulamada sistem tasarımına ve sulama programlamasına bağlı olarak daha dar aralıkta alınabilir.

Lateral boyunca damlatıcı aralığı, bir damlatıcının ıslanma çapının % 80'nini geçmemelidir.

b) La te ral Ter tip Bi çim le ri

Sebzelerde, bitki sıra aralığı damlatıcı aralığından büyükse her bitki sırasına bir lateral düşer.

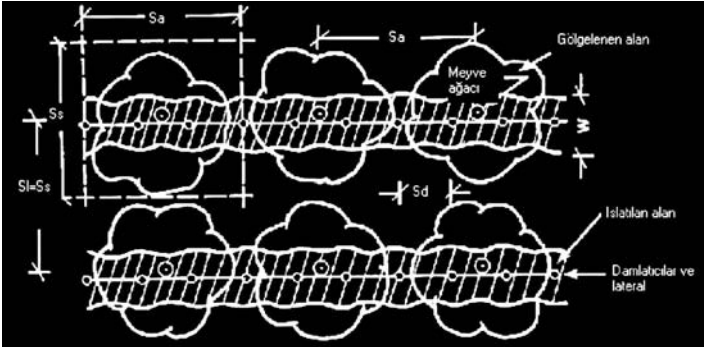
Bu du rum da is la tı lan alan yüz de $\%P = 100 \frac{S_d}{S_l}$ eşit li ği kul la nı la rak tah min edi le bi lir.

Eşit lik te

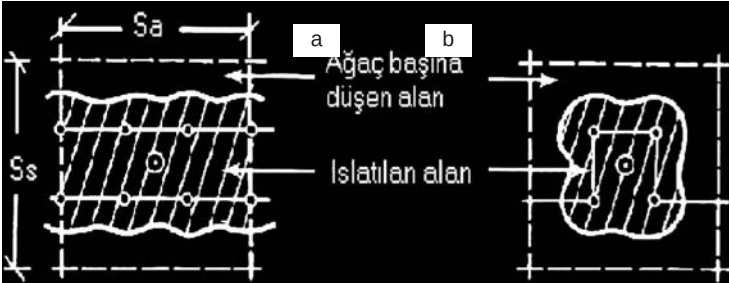
P_w : Is la tı lan alan yüz de si (%),

S_d : Dam la tı cı ara lı ğı (m),

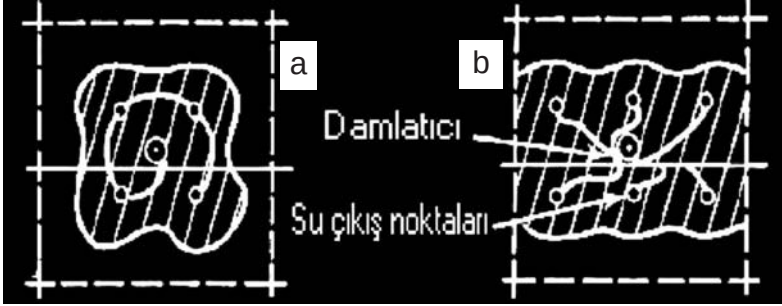
S_l : La te ral ara lı ğı (m) nı ifa de et mek te dir.



Şekil 3.17 her meyve sırasında bir lateral (Ağaç başına 3 damlatıcı, $P_w = \%30$)



Şekil 3.18 Her ağaç sırası na iki la te ral. ($P_w = \%60$) (a), Zigzag lateral tertip biçimi. ($P_w = \%50$) (b)



Şekil 3.19 Kuyruk tipli lateral tertip biçimi. (Ağaç başına 4 damlatıcı($P_w=\%40$)(a), Çok çıkışlı damlatıcılı lateral tertip biçimi($P_w=\%60$)(b))

Plan la ma saf ha sını da ısı lan ma ala nı yüz de si nin ara zi de ölç me ola na
ğı ol ma ya ca ğı için bu eşit lik ten ya rar la nı lır.

Sebzelerde, damlatıcı aralığı bitki sıra aralığından büyük, ancak bitki sıra aralığının iki katından küçükse, lateral hatları iki bitki sıra ortasında bir lateral olacak şekilde döşenir.

Meyve ağaçları için farklı lateral ve damlatıcı tertip biçimleri Şekil 3.17, 3.18 ve, 3.19'da gösterilmiştir.

Olgun meyve ağaçlarında her sıraya bir lateral döşenerek, her ağaç için dairesel (kuruk tipli) lateral tertip biçimleri döşenebilir (Şekil 3.19a). Bu durumda ıslatma alanı yüzdesi aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanabilir.

**La te ral bo yun ca dam la tı cı ara lı ğı,
bir dam la tı cı nın ısı lat ma ça pı nın % 80'ni ni
geç me me li dir.**

$P_w = 100$

Eşit lik te;

P_w : ısı la tı lan alan yüz de si (%),

n : Bir ağa ca dü şen dam la tı cı sa yı sı,

S_d : Dam la tı cı ara lı ğı (m),

S_a : Sı ra üze ri ağaç ara lı ğı (m),

S_s : Ağaç sı ra ara lı ğı nı (m) tes ti et mek te dir.

Eğer, her ağaç için çok çıkışlı damlatıcı kullanılacaksa (Şekil 3.19b), damlatıcı aralığının ayrıca hesaplanıp bu eşitlikte yerine konularak hesaplanabilir.

Ör nek Çö züm: Ağaç sı ra ara lı ğı $S_a = 5.0$ m olan bir mey ve bah çe sin - de dam la tı cı ara lı ğı $S_d = 0.90$ m ise, ı s la tı lan alan yüz de si;

$$P_w = 100 \frac{S_d}{S_a} = 100 \frac{0.90}{5.0} = \% 18 \text{ 'dir. Bu oran çok kü çük ol du ğun -}$$

dan, ya ni en azın dan % 30'un üze rin de ol ma sı ge rek ti ğin den, her sı ra ya iki la te ral dö şen me si ni ge rek ti rir. Bu du rum da

$$P_w = 100 \frac{2S_d}{S_s} = 100 \frac{2 \times 0.90}{5} = \% 36 \text{ olur. Bu so nu ç ta ne re dey se}$$

sı nır bir de ğer dir. An cak di ğer fak tör ler (ya tı rım ma li ye ti, su kay na ğı nın du ru mu v.b) göz önü ne alı na rak ka bul edi le bi lir bir de ğer dir.

Seb ze ler de, dam la tı cı ara lı ğı bit ki sı ra ara lı ğın dan bü yük, an cak bit ki sı ra ara lı ğın iki ka tın dan kü çük se, la te ral hat la rı iki bit ki sı ra or ta sın da bir la te ral ola cak şe kil de dö şe nir.

3.2.2.4 Dam la Su la ma da Dik kat Edil me si Ge re ken Önem li Hu - sus lar

1. Damla sulama sistemi, toprak ve bitki koşullarına uygun projelendirilmelidir.

2. Kullanılan sulama suyu mutlaka temiz olmalıdır. Bu nedenle filtreleme damla sulama için mutlak gereklidir. Aksi halde sistem kısa sürede elden çıkar.

3. Sistem kurulduktan sonra, tamir, bakım-onarım gibi işlerden sonra sistemde yıkama yapılmalıdır. Bu nedenle lateral sonlarında vana veya sökölüp takılabilen tıplar konmalıdır.

4. Yıkama esnasında sisteme işletme basıncından biraz daha yüksek basınçta su verilerek boru ve damlatıcı içinde birikebilecek maddeler temizlenmelidir.

5. Önemli bir neden olmadığı sürece işletme basıncı 1 atm'i geçmemelidir.

6. Sulama suyu pH'sı 7.5'den yüksek ve $\text{HCO}_3^- > 2 \text{ meq/L}$ ise, damlatıcılarda kalsiyum birikme riski fazladır. Sulama suyu pH=5.5-7.0 arasında ise damlatıcılarda tortu birikimi genellikle olmaz.

7. Alg ve diğer organik maddelerin (balçık v.b.) birikimini önlemek için, devamlı olarak ya 1 ppm klor ya da her sulamanın son 15-20 dakasında 10-20 ppm arasında klor kullanılmalıdır.

8. Demir bakterileri için 1 ppm klor, boru ve damlatıcılarda biriken kireç için, 5-15 dakika arasında % 0.5-1.0 HCl asit uygulanması gerekir. HCl kullanılmasına dikkat edilmeli, yoksa sisteme ve bağlantı parçalarına zarar verebilir. Yaygın olarak fosforik asit (aynı zamanda toprağa fosfor da sağlar), sülfürik asit, hidroklorik asit ve nitrik asit kullanılmaktadır. Bunların seçimini ise, maliyeti, mevcut suyun kalitesi, tıkanmanın durumu ve bitkilerin besin ihtiyaçları (örneğin fosfor) göz önüne alınmalıdır.

9. Katı, suda eriyebilen gübreler için, iyi bir karıştırma için çözelti kabının en fazla % 50-75'i gübre ile doldurulmalıdır.

10. Gübre tankına katı, eriyebilen gübre ilave etmeden önce daima

karıştırma kabının içindeki suya sıvı gübre ilavesi yapılmalıdır. (İlave edilecek sıvı, katı gübrelerin solusyonu soğutma karakteristiklerine sahip olması için bir miktar ısı sağlar).

11. Çözünebilir veya çözünmeyen büyük oluşumları önlemek için gübre tankına gübre karışımları yavaş yavaş ilave edilmelidir.

12. Sulama sisteminde gübre miktarı en fazla 5 g/L olmalıdır.

13. Asit kullanımında, asit suya ilave edilmeli, ancak asite su ilave edilmemelidir.

14. Klor gazı ile klorlama yaparken, daima klor suya ilave edilmelidir.

15. Asla bir asidi ya da asitli gübre klor ile karıştırılmamalıdır. Asit ve klor aynı oda içinde saklanmamalıdır.

16. Herhangi bir asit ile anhidrit amonyak veya sıvı amonyak karıştırılmamalıdır, oluşacak reaksiyon çok şiddetli ve ani olur.

17. Konsantre bir gübre solusyonu diğer bir konsantre gübre solusyonu ile karıştırılmamalıdır.

18. Kalsiyum içeren bir bileşik ile sülfat içeren bir bileşik karıştırılmamalıdır. Çünkü sonuçta çözünmeyen jips karışımı oluşacaktır.

19. Gübrelerin birbiri ile kullanımının uyumlu olup olmadığı ve çözünürlüğü konusundaki bilgiler sağlanmalı ve kontrol edildikten sonra kullanılmalıdır.

20. Kullanılan kimyasallar çok düşük oranda ise ve kimyasalların birbiri ile bağdaşmaması durumunda, kullanılan gübrelerin bir yararı olmayacaktır.

21. Mümkün olduğunca, fosfat içeren gübreler ile kalsiyum içeren gübreler birlikte kullanılmamalıdır.

22. Çok sert sular (nispi olarak kalsiyum ve magnezyum içeriği yük-

sek sular) kullanılmamalıdır. Çünkü sert sular fosfat, nötral fosfat ve sülfat bileşiklerini çözünmeyen hale dönüştürür.

23. Kimyasal enjeksiyon sistemlerinde geriye dönüşü önleyen ekipmanlar kullanılmalıdır.

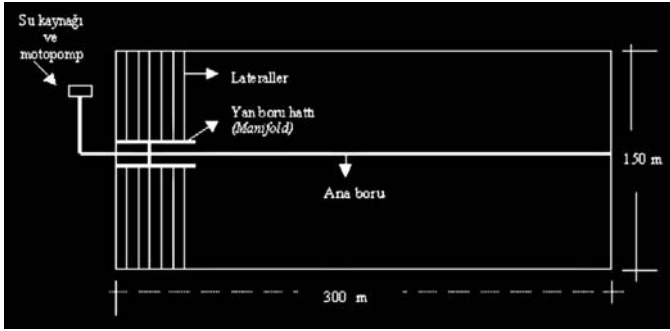
24. Su ölçüm aygıtları (su sayaçları) her farklı kimyasal uygulamasında kalibre edilmelidir. Çünkü kimyasalların yoğunluğu ve akıcılığı su ölçüm aygıtlarının okumalarını etkiler.

3.2.2.5 Örnek Proje

Verilenler:

Yetiştirilecek bitki	: Tarladomatesi
Tarlabatları ve alanı	: 300 x 150 m (45 da)
Sıra aralığı	: 1.00 m
Etikli kök derinliği	: 0.90 m
En yüksek örtü yüzdesi (gölgelemen alan yüzdesi)	: % 80
Toprakbunyesisi	: Siltli-kil
Toprağın su alması (infiltrasyon)	: 8 mm/h
Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 175 mm/m
Toprakta tüketilmesi ne izin verilensu düzeyi (TİSD)	: % 35
Kuyu statik emme yüksekliği (h _{st})	: 5 m
Günlük toplam su lama süresi	: 18 saat

(Yukarıda toprakla ilgili veriler, gerçek arazi ölçümlerine dayanmaktadır. Damla sulama projelmesi için gerekli olan etkili kök derinliği, toprağın yarıyışlı su tutma kapasitesi, tüketilmesine izin verilen toprak su düzeyi ve toprak infiltrasyon hızı değerleri mevcut değilse, EK Çizelge 1, 2 ve 3'de verilen değerlerden yararlanılabilir. Ancak damla sulama yönteminde toprakta tüketilmesine izin verilen su düzeyinin diğer sulama yöntemlerine göre daha düşük düzeyde tutulması gerektiği unutulmamalıdır).



1. Arazinin paftası üzerine, su kaynağının yeri, arazinin boyutları dik kağıda alınarak ön terziple meyllir.

2. Toprak bünyesi ne göre damlatıcı debisi seçilir. Buna göre, toprak ağır bünyeli (siltli-kil) olduğı için 3 L/h debili damlatıcı seçilebilir.

$$3. \text{ Damlatıcı aralığı } S = 0.9 \sqrt{\frac{q}{I}} = 0.9 \sqrt{\frac{3}{8}} = 0.55 \text{ m}$$

Damlatıcı aralığı bitki sıra aralığından küçük olduğı için $S = 0.55 \text{ m} < S_s = 1.00 \text{ m}$) her bitki sırasına bir lateral düşenecektir.

4. Islatılan alan yüzdesi: $\frac{Sd}{Sl} = 100 \frac{0.55}{1.00} = \% 55 > \% 30$ olduğından uygundur.

5. Gerekli olan maksimum net sulama suyu: $YSD \times D \times T \times P_w = 175 \text{ mm/m} \times 0.90 \text{ m} \times 35/100 \times 55/100 = 30 \text{ mm}$

Eşitlik te; YSD: Toprak ya r a yış lı su dü ze yi (mm/m), D: Bit ki et ki li kök de rin li ği (m),

TİSD: Tü ke til me si ne izin ve ri len su dü ze yi (%), Pw: Is la tı lan ala yüz de si (%)

$$6. \text{ Bit ki su tü ke ti mi. } T = \frac{Ps}{ET} = 8.0 \times \frac{80}{85} = 7.5 \text{ mm/gün}$$

Eşitlik te;

ET: Ge le nek sel yön tem le re gö re el de edil miş mak si mum bit ki su tü ke ti mi ($mm/gün$),

Ps: Göl ge le nen alan yüz de si (%)

$$7. \text{ Su la ma ara lı ğı: } \frac{d_{max}}{T} = \frac{30}{7.5} = 4 \text{ gün}$$

$$8. \text{ Uy gu la na cak net su la ma su yu: } dT(Sa) = 7.5 \times 4 = 30 \text{ mm}$$

$$9. \text{ Uy gu la na cak top lam su la ma su yu: } \frac{dn}{Ea} = \frac{30}{0.90} = 33.3 \text{ mm}$$

(Su la ma ran dı ma nı % 90 ola rak alın mış tır)

$$10. \text{ Bi rim alan da ki dam la tı cı sa yı sı: } \frac{1000}{SISd} = \frac{1000}{1.00 \times 0.55} = 1818 \text{ adet/da}$$

$$11. \text{ Su la ma sü re si: } Ts = \frac{1000dt}{qN} = \frac{1000 \times 33.3}{3 \times 1818} = 6 \text{ h}$$

Eşitlik te;

dt: Brüt su la ma su yu ih ti ya cı (mm),

q: Dam la tı cı de bi si (L/h),

N: Bi rim alan da ki dam la tı cı sa yı sı (adet/da)

$$12. \text{ Mak si mum iş let me bi ri mi sa yı sı: } \frac{Tg(SA)}{Ta} = \frac{18 \times 4}{6} = 12 \text{ adet}$$

Eşitlik te;

T_g: Gün lük su la ma sü re si ($h / gün$),

SA: Su la ma ara lı ğı (gün)

Ta: Sulama süresi (h)

Proje işletme birim sayısı: 18 adet işletme sayısı çok fazla görülmektedir. Bunu 16 olarak planlamak mümkündür. Bu durumda yan boru hattı (manifold) sayısı 16 olacaktır.

$$13. \text{ Yan bo ru hat tı uzun lu ğu: } L = \frac{300}{12} = 25 \text{ m}$$

La te ral bo ru ça pı :

$$1. \text{ La te ral bo ru uzun lu ğu } L = \frac{150}{2} = 75 \text{ m}$$

$$2. \text{ La te ral üze rin de ki dam la tı cı sa yı sı } n = \frac{L1}{Sd} = \frac{75}{0.55} = 136 \text{ adet}$$

$$3. \text{ La te ral de bi si: } Q_{ndq} = 136 \times 3 = 400 \text{ L/h}$$

$$4. \text{ İş let me bi ri min de izin ve ri len yük kay bı: } h = 0.290.20 \times 10.0 = 2.0 \text{ m}$$

Eşit ilk te

h_0 : İş let me ba sın cı (m)

5. La te ral eği mi: % 0

6. La te ral bo yun ca izin ve ri len yük ka yıp la rı:

$$h_1 = 0.55h \pm h_{gl} = 0.55 \times 2 + 0 = 1.10 \text{ m}$$

7. Bo ru ça p la rı ve yük ka yıp la rı

(Boru çaplarına ve debiye göre yük kayıpları üretici firma kataloglarında veya ilgili yayınlarda elde edilebilir. Boru çapları ve debiye göre yük kayıplarını gösteren ilgili grafik ya da çizelgelerden yararlanılır. Bulunan değer ayrıca azaltma faktörü (F) ile düzeltilir. EK Çizelge 7).

Bu na gö re $h = 136$ için $F = 0.356$; (136 çı kış (dam la tı cı) için azalt ma fak t ö r ü)

Boru dış çapı(mm)	Yük kayıpları	Uygunluk durumu
16	$(7.5/100) \times 75 \times 0.356 = 1.60 \text{ m}$	$1.60 > 1.10$ uygun değil
20	$(2.7/100) \times 75 \times 0.356 = 0.58 \text{ m}$	$0.58 < 1.10$ uygun

Bu na gö re la te ral ler de dış ça pı 20 mm olan PE bo ru lar kul la nı la cak tır.

$$8. \text{ La te ral gi riş ba s ın c ı } H_0 + 0.77h_g \pm 1/2h_{gi} = 10 + 0.77 \times 0.58 + 0 = 10.45 \text{ m}$$

Yan bo ru hat t ı (ma ni fold) ça p ı:

$$1. \text{ Ma ni fold bo ru uz un lu } \check{u}_m = 25 \text{ m}$$

$$2. \text{ Ma ni fold ü ze rin de ki la te ral sa yı } n = \frac{Lm}{Sl} = 2 \left(\frac{25}{1.0} \right) = 50 \text{ adet}$$

$$3. \text{ Ma ni fold de bi si: } Q = \frac{nqQl}{3600} = \frac{50 \times 400}{3600} = 5.5 \text{ L/s}$$

4. İş let me bi ri min de izin ve ri len yük ka yı p la r ı:

$$h = 0.20h_0 = 0.20 \times 10.0 \text{ m} = 2.0 \text{ m}$$

5. Manifold eğimi % 0.9 eğim aşağı

$$h_g = 25 \times 0.009 = 0.225 \text{ m}$$

6. Ma ni fold bo yun ca izin ve ri len yük ka yı p la r ı:

$$h_m = 0.45h \pm h_g = 0.45 \times 2.0 + 0.17 = 1.07 \text{ m}$$

7. Manifold çapı: (EK Şekil 2, EK Çizelge 7)

Buna göre $h_m = 50$ için $F = 0.365$; (50 çıkış için azaltma faktörü)

(Manifoldlar iki taraflı çalışacağı için $25 \times 2 = 50 \text{ m}$)

Boru dış çapı(mm)	Yük kayıpları	Uygunluk durumu
63	$(6/100) \times 50 \times 0.365 = 0.54$	$0.54 < 1.125$ uygun

Bu na gö re 63 mm dış ça pın da ki PVC bo ru ma ni fold hat la rı için k la nı la bi lir.

8. Ma ni fold gi riş ba sın cı:

$$H_m = h_l + h_{fm} \pm h_{gm} = 10.45 + 0.54 - 0.225 = 10.77 \text{ m}$$

9. Ana bo ru hat tın da ki sis tem ba sın cı:

$$H_a = H_m + h_{fm} = 10.77 + 1.50 = 12.27 \text{ m}$$

(1.50 m, T, va na ve dir sek ler de ge nel yük ka yı p la rı ola rak göz önü - ne alın mış tır.)

(1.50 m, T, vana ve dirseklerde genel yük kayıpları olarak göz önüne alınmıştır.

Toplam 12 adet işletme birimi planlanmıştır. Her işletme biriminin (manifold) sulama süresi 6 saat olup, çiftçi 1 günde 18 saat sulama yapabilecektir. Bu durumda, her seferinde 1 manifold hattı çalıştırılarak, bir günde 3 manifold hattına su verilebilecektir. Dolayısıyla tüm alanın sulanması 4 günde tamamlanmış olur. (Ayrıca, mevcut sulama suyunun miktarı (debisi), çiftçinin günde kaç saat sulama yapacağı gibi koşullar sistem planlaması ve projelemesini değiştirebilir)

10. Sis tem de bi si: Her se fe rin de 1 ma ni fold hat tı ça lış tı rı la ca ğı na g re : $Q=Q_m= 5.5 \text{ L/s}$

11. Ana bo ru hat tı ça pı: Ay nı an da 1 iş let me bi ri mi ça lış tı rı la ca ğın d ge rek li de bi: 5.5 L/s 'dir. (Ek Şekil 2)

Boru dış çapı(mm)	Yük kayıpları
75	$(2.7/100) \times 350 \text{ m} = 9.45 \text{ m}$

12. Ana bo ru hat tın da is te nen ba sınç: $H_a + H_f \pm h_g = 12.27 + 9.45$
 $m - (0.009 \times 350 = - 3.15) = 18.57 \text{ m}$

13. Kont rol bi ri min de yak la şık 10 m yük kay bı ola bi le ce ği var sa yıl -
 mı ş tır.

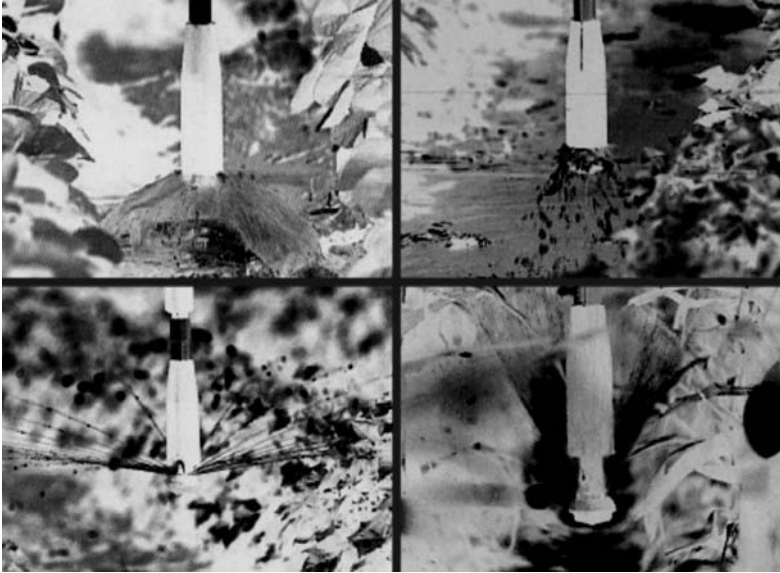
14. Pom pa top lam ma no met rik yük sek li ği :

$$H_m = H + H_{se} + h_{fkb} + h_y = 18.57 + 5 + 10 + 2 = 35.62 \approx 36 \text{ m}$$

$Q = 5.5 \text{ L/s}$ ($19.8 \text{ m}^3/\text{h}$) ve $H_m = 36 \text{ m}$ özel lik le re sa hip elekt rik ile ça -
 lı ş an sant ri f ü j ti pi pom pa se çi lebilir.

3.2.3. Le pa Su la ma Yön te mi

LEPA sulaması, basınçlı sulama sistemlerinde enerji ve su tasarrufu sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Düşük enerjili hassas sulama uygulama-
 ması olarak İngilizce karşılığındaki (Low Energy Precision Application)



Resim 3.29 LEPA su la ma sını da, su la ma su yu ka ık ık la ya p ıl m ı ş baş l ık lar l a n ı r. (Bu baş l ık lar su yu doğ ru l an dü ş e y ola rak, p ı s k ı n e ve spre y ola rak u yg u la y a b ı l ı r.)

kelimelerinin baş harflerinden adını almakta ve bu nedenle de teknik bir terim olarak bu isimle anılmaktadır.

Bu sistem de hareketli bir sistemdir. Değişik ebatlarda imal edilen ve birbirine kulelerle bağlanan lateral borulara özel başlıklar bağlıdır. Genellikle sıra bitkileri arasına gelecek şekilde



Resim 3.30 Pamukta LEPA sulama uygulaması. (Şanlıurfa Harran Ovası)

ayarlanabilir. Bu başlıklar makine veya makineye bağlı sistem hareket ederken toprak yüzeyinden yaklaşık 10-15 cm yükseklikten karıklara sulama suyunu düşey olarak verir (Resim 3.29). Böylece karıkların her tarafı ve karık uzunluğu boyunca eşit su alır. Bu sistemde diğer basınçlı sulama sistemlerinde olduğu gibi yüksek basınç gerekmez. Başlıklarda basınç 0.4-1.0 atm arasındadır. Başlık debileri ise 4-18 L/dak. arasında olabilir. Karıklara verilecek sulama suyu, sistemin bağlı olduğu ana makineye verilecek hıza bağlı olarak düzenlenebilir. Resim 3.29'da LEPA başlıklarının karıklara farklı şekillerde sulama suyunun uygulanışı görülmektedir. Resim 3.30'da Şanlıurfa-Harran Ovasında pamukta sulamasında deneme amaçlı kullanılmış bir LEPA sulama uygulaması görülmektedir.

Bu sistemler, ülkemizde diğer hareketli sulama sistemleri kadar pek kullanılmamaktadır.

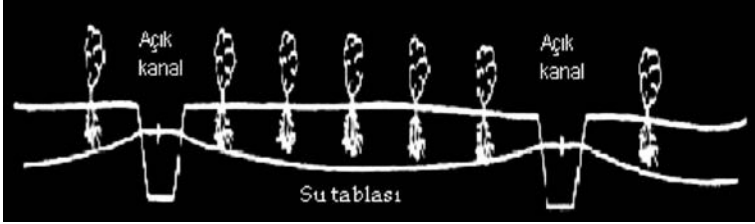
3.3. Yüzeysel (Sızdırma-Subsürface) Sulama Yöntemi

Yüzeysel sulama yönteminde, bitkilerin kontrol altındaki bir su tablasından kapillarite (suyun küçük gözeneklerde yukarı hareketi-taşıması) ile suyu alması esasına dayanır. Buna sızdırma sulama da denilmektedir. Toprak koşulları, belli bir derinlikte bulunan su tablasından

suyun yukarı hareketine (bitki kök bölgesi) olanak veren koşullarda olması gerekir. Arazi düz ve su tablasına paralel olmalıdır.

Su tablası laterallerle veya yaygın olarak açık kanal sistemi ile kontrol edilebilir. Şekil 3.20’de hem yüzey altı sulama hem de drenajın aynı kanalla yapıldığı bir yüzey altı sulaması şematik olarak gösterilmiştir.

Yüzey altı sulama yönteminde genel olarak yüzlek köklü bitkilerde ve organik topraklarda (peat ve muck) kullanılır. Özel koşulların gerekmesi nedeniyle pek yaygın olarak kullanılamamaktadır.



Şekil 3.20 Açık kanal sistemi ile yüzey altı sulama yöntemi

4. KAYNAKLAR

- Allen, R.G., 1998. Irrigation Engineering Principles. Department of Biological and Irrigation Engineering, Utah State University, Logan, Utah, USA, p. 298
- Anonymous, 1983. TOPRAKSU Ustaları Kurs Notları. Eskişehir Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Yayınları, Eskişehir, p. 225
- Anonymous, 1998. Damla Sulama Sistemleri. Eurodrip. Türk-Hoeschst, İstanbul
- Anonymous, Yağmurlama Sulama Kataloğu. Ege Yıldız Yayınları, İzmir, p. 44
- Anonymous, Yağmurlama Sulama Kataloğu. PİLSA Yayınları, Adana
- Çetin, Ö., 2003. Toprak-Su İlişkileri ve Toprak Suyu Ölçüm Yöntemleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No: 258, Teknik Yayın No: 25, Eskişehir, p. 100
- Çetin, Ö., Bilgel, L., Değirmenci, V., 1999. The Effect of Different Moving Irrigation Systems on Yield and Quality of Cotton in Southeastern Anatolia Region of Turkey. Proceedings of International Symposium on New Approaches in Irrigation, Drainage and Flood Control Management, (ISBN 80-85755-05-X), Bratislava, SLOVAKIA
- Çetin, Ö., L. Bilgel, L., 2002. Effects of Different Irrigation Methods on Shedding and Yield of Cotton," Agricultural Water Management, An International Journal, Volume 54/1, 1-15
- Çetin, Ö., Yıldırım, O., Uygan, D., Boyacı, H., 2002. Irrigation Scheduling of Drip-Irrigated Tomato Using Class A Pan Evaporation. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, Vol. 26, Number 4, pp. 171-178
- FAO, 2003. Improving Irrigation Technology. Agriculture Department Food and Agriculture Organization of the United Nations. www.fao.org/ag/magazine/0303sp3.htm 03.10.2003)
- Güngör, H., 1984. Eskişehir Koşullarında Şekerpancarının Kısıntılı Su varlığında Sulama Zamanı ve Su Tüketimi. Eskişehir Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Müd.

Yayınları Gen. Yayın No: 179, Rapor Serisi No:137, Eskişehir, p.58

Güngör, Y., Yıldırım, O. 1989. Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1155, Ders Kitabı: 325, Ankara, p. 371

Hargreaves, H.G., Merkley, G.P., 1998. Irrigation Fundamentals. Water Resource Publications, LLC P.O. Box: 260026, Highlands Ranch, Colorado 80163-0026, USA

James, L.G., 1993. Principles of Farm Irrigation Design. Reprint Edition. Washington State University. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, USA, p. 543

Kanber, R., 1999. Sulama. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel yayın No: 174, Ders Kitapları No: A-52, Adana, p. 530

Kanber, R., 2003. Sulama Sistemlerinin Planlanması. Sulama ve Drenaj Mühendisliği (Editörler: R. Kanber, R.Çakır, A.F.Tarı) Köy hizmetleri Gen. Müd. APK Diareşi başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No: 122, Ankara, pp. 258-385

Keller, J., Bliesner, R.D., Sprinkle and Trickle Irrigation. Chapman and Hall 115 Fifth Avenue, New York, NY, 10003, USA, p.652 Kenig, E., 1997. Modern Irrigation Systems, The potential of pressurized irrigation. Advanced International Course on irrigation and Soil Management, Tel-Aviv, Israel.

Korukçu, A., Yıldırım, O., 1981. Yağmurlama Sistemlerinin Projelenmesi. TOPRAK-SU Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, p. 220

Omay, E., 1976. Sulama. TOPRAKSU Ustaları Kurs Notu. Menemen, p. 59.

Öğretir, K., Çelik, S., Eylen. M., 1990. Sulama ve Sulama Sistemleri. Köy Hizmetleri Gen. Müd. Şanlıurfa Araştırma Enst. Yayınları, Yayın No:59/15, Şanlıurfa, p. 92

Playan, E., 2002. Water Application Systmes for a Sustainable Irrigated Agriculture. Advanced Course Notes on Sustainable Irr,gated Agriculture: Water Management for Agricultural Production in Semiarid Zones. 11-22 March, 2002, Zaragoza, Spain.

Walker, W.R., Skogerboe, G.V., 1987. Surface Irrigation: Theory and Practice. Utah State Univesity, Custom Publishing, Logan, Utah, USA, p. 386.

Yıldırım, O. 1996. Bahçe Bitkileri Sulama Tekniği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1438, Ders Kitabı: 420, Ankara, p. 188

Yıldırım, O. 1996. Sulama Sistemleri II. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1449, Ders Kitabı: 429, Ankara, p. 289

5. EKLER

Ek Çizelge 1. Farklı toprak bünyelerine göre yarıyışlı su miktarı

Toprak bünyesi	Yarıyışlı su (mm/m)	
	En düşük ve en yüksek aralıkları	Ortalama
Çok kaba kum	33-62	42
Kaba kum, ince kum, tınlı-kum	62-104	83
Kumlu-tın	104-145	125
Çok ince kumlu-tın, tın, siltli-tın	125-192	167
Killi-tın, siltli-killi-tın, kumlu-killi-tın	145-208	183
Kumlu-kil, sitli-kil, kil	133-208	192
Organik topraklar (Peat ve mucks)	167-250	208

Ek Çizelge 2. Bitkilerin etkili kök derinlikleri ve tüketilmesine izin verilen su düzeyleri.

Bitki adı	Etkili kök derinliği (m)	TİSD (%)	Bitki adı	Etkili kök derinliği (m)	TİSD(%)
Sebzeler			Tarla Bitkileri		
Balkabağı	0.6-0.9		Arpa	0.9-1.5	55
Bezelye	0.4-0.8	45	Ayçiçeği	0.8-1.5	45
Biber	0.5-1.0	25	Buğday	0.8-1.5	55
Brokoli	0.6	40	Keten	0.9	50
Domates	0.6-1.2	40	Mısır (dane ve silajlık)	0.6-1.2	60
Enginar	0.6-0.9	45	Mısır (tatlı)	0.4-0.6	60
Fasulye (kuru)	0.6-0.9	45	Otlak ve çayırlar	0.3-0.8	50
Fasulye (yeşil)	0.5-0.7	45	Pamuk	0.8-1.7	60
Havuç	0.5-1.00	35	Sorghum	0.9-2.0	55
Hıyar	0.7-1.2	50	Soya	0.6-1.3	55
Ispanak	0.3-0.5	20	Sudan otu	0.9-1.2	
Karnıbahar	0.6		Şeker kamışı	0.8-1.8	65
Karpuz	0.6-0.9	45	Şeker pancarı	0.6-2.0	55
Kavun	1.0-1.5	45	Tütün	0.6-1.2	55
Kereviz	0.3-0.5	20	Yerfıstığı	0.5-1.0	40
Kuşkonmaz	1.2-1.8	45	Yonca	1.0-2.0	55
Lahana	0.4-0.5	45	Yulaf	0.6-1.1	
Marul	0.3-0.50	30	Meyveler		
Nane	0.4-0.8	40	Ananas	0.3-0.6	50
Patates	0.4-0.6	35	Avakado	0.6-0.9	40
Patlıcan	0.8	45	Badem	0.6-1.2	
			Bağ	0.5-2.0	35-45
Soğan	0.3-0.8	40	Ceviz	1.7-2.4	50
Şalgam	0.5-0.8	40	Çilek	0.20.5	15
Turp	0.3	30	Elma	0.8-1.2	
			Erik	0.8-1.2	
			İncir	0.9	50
			Kahve	0.9-1.5	
			Kayısı	0.6-1.4	
			Kiraz	0.8-1.2	
			Muz	0.3-0.6	35
			Şeftali	0.6-1.2	
			Turunçgiller	0.9-1.5	50
			Zeytin	0.9-1.5	65

Ek Çizelge 3. Toprakların bünyelerine göre su alma. (infiltrasyon hızı)

Toprak bünyesi	Su alma hızı(mm/h)	Ortalama su alma hızı (mm/h)
Kumlu	25-250	50
Kumlu-tın	13-76	25
Tın	8-20	13
Killi-tın, siltli-tın	2,5-15	8
Siltli-kil, kil	0,3-5	2

Ek Çizelge 4. Başlık tiplerine göre lateral aralıkları ve başlıkların özellikleri

Başlık Çapı mm.	Çalışma Basıncı Atm.	Su Tüketimi M ³ / Saat	Fırlatma Uzaklığı m	Yağmurlama Alanı : m x m Yolunmuratma Hızı : mm / saat		
				12 x 12	12 x 18	18 x 18
4.5x4.5	2,0	1,95	13,00	13,61	9,07	8,04
	2,5	2,22	14,40	15,41	10,27	8,95
	3,0	2,46	14,75	17,29	11,57	7,98
4.5x5.0	2,0	1,94	14,00	13,53	8,95	8,03
	2,5	2,20	16,00	14,63	9,72	8,63
	3,0	2,26	16,00	16,73	10,40	7,09
4.5x3.5	2,0	2,32	16,00	16,19	10,74	7,15
	2,5	2,56	16,00	17,89	11,86	7,56
	3,0	2,81	16,00	19,59	13,21	8,67
5.0x5.0	2,0	2,51	16,00	17,40	11,30	7,80
	2,5	2,83	16,00	19,70	13,10	8,70
	3,0	3,06	16,50	21,30	14,20	9,60
	3,5	3,33	16,00	23,10	15,40	10,30

Ek Çizelge 5. Yağmurlama sulama boruları yük kayıpları (PVC).

NB"	2"		2 1/2"		3"		4"		6"	
NB	50		65		90		100		150	
D	63		75		90		110		160	
Q	V	J	V	J	V	J	V	J	V	J
2	0,72	0,0106	0,30	0,0044	0,35	0,0019	0,73	0,0007	0,11	0,0001
3	1,08	0,0218	0,45	0,0091	0,53	0,0039	0,35	0,0015	0,16	0,0002
4	1,45	0,0367	1,01	0,0163	0,71	0,0066	0,47	0,0025	0,22	0,0004
5	1,81	0,0549	1,25	0,0223	0,88	0,0093	0,58	0,0036	0,28	0,0005
6	2,17	0,0764	1,51	0,0317	1,06	0,0135	0,71	0,0051	0,33	0,0008
7	2,54	0,1011	1,76	0,0413	1,24	0,0173	0,82	0,0067	0,39	0,0010
8			2,02	0,0534	1,42	0,0222	0,94	0,0086	0,41	0,0013
9			2,27	0,0661	1,60	0,0283	1,05	0,0106	0,50	0,0017
10			2,52	0,0801	1,77	0,0343	1,15	0,0129	0,58	0,0021
12					2,13	0,0477	1,42	0,0179	0,67	0,0029
14							1,65	0,0237	0,78	0,0039
15							1,78	0,0270	0,84	0,0045
16							1,89	0,0302	0,89	0,0049
18							2,13	0,0374	1,01	0,0061
20							2,37	0,0453	1,12	0,0073
22									1,22	0,0088
24									1,34	0,0103
26									1,45	0,0119
28									1,55	0,0137
30									1,65	0,0154
32									1,79	0,0175
34									1,90	0,0194
36									2,01	0,0224
38									2,13	0,0238
40									2,24	0,0262

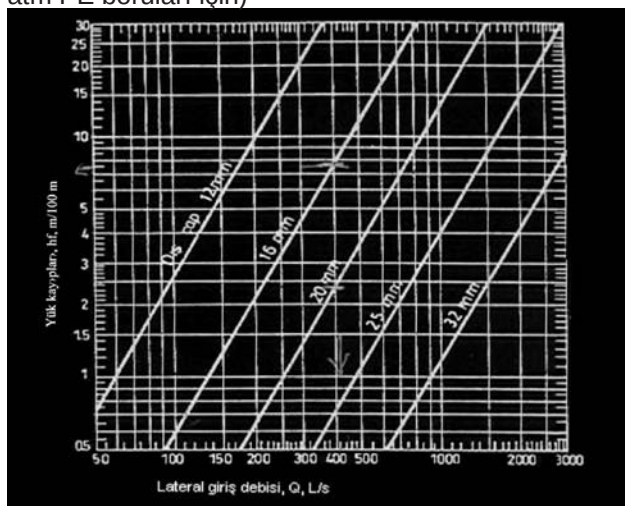
d" : Anma çapı (inç) D: Dış çapı(mm), Q: Debi L/s, V: Hız, m/s, J: Yük kaybı m/m
d: Anma çapı (mm)

Ek Çizelge 6. Yağmurlama sulama boruları yük kayıpları (PE).

d"	2" 1/2		3"		4"	
d	65		80		100	
D	75		90		110	
Q	V	J	V	J	V	J
2	0.62	0.0013	0.36	0.0011	—	—
3	0.78	0.0028	0.54	0.0023	0.36	0.0019
4	1.06	0.0048	0.71	0.0040	0.48	0.0032
5	1.28	0.0073	0.89	0.0080	0.60	0.0048
6	1.55	0.0103	1.07	0.0084	0.72	0.0068
7	1.81	0.0136	1.25	0.0112	0.84	0.0090
8	2.07	0.0175	1.43	0.0143	0.96	0.0116
9	2.33	0.0217	1.61	0.0179	1.08	0.0144
10	2.58	0.0264	1.79	0.0217	1.20	0.0175
11	—	—	1.97	0.0259	1.32	0.0209
12	—	—	2.14	0.0304	1.44	0.0245
13	—	—	2.32	0.0352	1.66	0.0284
14	—	—	2.50	0.0404	1.68	0.0326
15	—	—	—	—	1.80	0.0371
16	—	—	—	—	1.92	0.0418
17	—	—	—	—	2.04	0.0468
18	—	—	—	—	2.16	0.0520
19	—	—	—	—	2.28	0.0574
20	—	—	—	—	2.40	0.0632
21	—	—	—	—	2.52	0.0691

d" : Anma çapı (inç) D: Dış çapı(mm), Q: Debi L/s, V: Hız, m/s, J: Yük kaybı m/m

Ek Şekil 1. Damla sulamada lateral borularında yük kayıpları grafiği.(4 atm PE boruları için)



Ek Çizelge 7. Lateral ve yan borularda (manifold) yük kayıpları için F azaltma faktörü

Damlatıcı yada lateral sayısı	F faktörü	Damlatıcı yada lateral sayısı	F faktörü
8	0.415	20	0.376
10	0.402	25	0.371
12	0.394	30	0.368
14	0.387	40	0.364
16	0.382	50	0.361
18	0.379	100 ve fazla	0.356

Ek Şekil 2. PVC borularda yük kayıpları (6 atm)

