



DEĞERLENDİRME NOTU:

İsmail ARAS

Mevlana Kalkınma Ajansı, Araştırma Etüt ve Planlama Birimi Uzmanı

KONYA KAPALI HAVZASINDA SULAMA SİSTEMLERİNE YENİ BİR ALTERNATİF;

TOPRAK ALTI DAMLA SULAMA

28.09.2014

İçindekiler

1.Giriş	4
2. Toprak altı damla sulama sistemlerinin kullanılabilirliği	5
2.1 Toprak altı damla sulama sistemlerinin üstünlükleri	6
2.1.1 Toprak ve su ile ilgili üstünlükleri	6
2.1.2 Bitki ve kültürel işlemler ile ilgili üstünlükleri	7
2.1.3 Sistem altyapısı ile ilgili üstünlükleri	8
2.2 Toprak altı damla sulama sistemlerini sınırlayan etmenler	8
2.2.1 Toprak ve su ile ilgili sınırlayıcı etmenler	9
2.2.2.Yetiştiricilik ve kültürel işlemler ile ilgili sınırlayıcı etmenler	9
2.2.3 Sistem alt yapısı ile ilgili sınırlayıcı etmenler	10
2.3 Toprak altı damla sulama sisteminin uygulanacağı koşullar	11
2.3.1 Bitki Özellikleri	11
2.3.2 Toprak ve Topografya Koşulları	14
2.3.3 Su Kaynağının Özellikleri	14
2.4 Toprak Altı Damla Sulama Sistemlerinin Tasarım ve Kurulumu	15
2.4.1 Filtreleme Birimi	16
2.4.2 Vanalar	17
2.4.3 Ana ve Yan(manifold) Borular	18
2.4.4 Laterallar	18
2.4.5 Yıkama Vanaları	21
2.5 Toprak Altı Damla Sulama Sisteminin Bakımı ve Yönetimi	21
SONUÇ	23
KAYNAKLAR	26

Şekil 1 Damlatıcı bölgesinde oluşan çöküntü	9
Şekil 2 Bitki köklerinin neden olduğu tıkanıklık	11
Şekil 3 Toprak altı damla sulama sistem unsurları	16
Şekil 4 Hidrosiklon filtre	17
Şekil 5 Hava boşaltma vanası(vantuz).....	18
Şekil 6 Ana ve yan borular	18
Şekil 7 Yassı ve yuvarlak lateral	19
Şekil 8 Damlatıcı yönü	20
Şekil 9 Örnek lateral gömme makinesi	20
Şekil 10 Yıkama vanaları.....	22
Tablo 1 Bitki çeşidine bağlı olarak değişen lateral derinlikleri	12
Tablo 2 Sulama suyu kimyasal özellikleri ve tıkama potansiyelleri	23

DEĞERLENDİRME NOTU:

İsmail ARAS

Mevlana Kalkınma Ajansı, Araştırma Etüt ve Planlama Birimi Uzmanı

28.09.2014

1.Giriş

Küresel iklim değişikliğinin neden olduğu olumsuzluklar dünyada ve ülkemizde su kaynaklarının bilinçli ve ekonomik olarak kullanımını zorunlu kılmaktadır. Mikro sulama sistemleri yöntemlerinden olan toprak altı damla sulama, sulama yöntemleri içerisinde su kullanım etkinliği en yüksek olanıdır. Konya kapalı havzası içinde yer alan Konya Karaman Bölgesi kuraklık etkilerinin en fazla hissedildiği bölgelerden olup sulu tarım alanlarında kullanılan sulama sistemlerinin etkinliği büyük önem arz etmektedir. Su kaynaklarının kıt tarım alanlarının geniş olduğu bölgemizde sulu tarım alanlarında su kullanım etkinliğinin yükseltilmesi ülkemiz gıda arz güvenliği için de son derece önemlidir.

Diğer sulama yöntemleriyle(yüzey, yağmurlama ve pivot) karşılaştırıldığında damla sulama sistemleri en etkili sulama yöntemidir. Geleneksel damla sulama yöntemine alternatif olarak düşünülen toprak altı damla sulama sistemleri laterallerin(damla sulama boruları) toprak altına alındığı sistemler olarak tanımlanabilmektedir

Toprak altı damla sulama sistemleri ile toprak altına yerleştirilen laterallerle su ve bitki besin elementleri doğrudan bitki kök bölgesine uygulanabilmektedir. Toprak altı damla sulama sistemleri toprak yüzeyinden olan buharlaşma, derine sızma ve yüzey akışıyla gerçekleşen kayıpları azaltmakta, kurak ve yarı kurak alanlarda toprak üstü damla sulama sistemlerine göre önemli bir üstünlük sağlamaktadır.

Toprak altı damla sulama sistemiyle yapılan yetiştiricilikte toprak yüzeyi kuru kalırken iyi bir üniformitede(su dağılımı) elde edilebilmektedir. Derine sızma ile oluşabilecek kayıpları ve yüzeyden olan buharlaşmayı önleyerek su kayıplarını azaltmakta ve kuru bir yüzeyle yabancı ot gelişimini azaltmaktadır. Tüm bu faydalar ışığında toprak altı damla sulama sistemleri toprak ve suyu koruyarak, tarımda sürdürülebilirlik için çok önemli olan su kullanım etkinliğinin gelişimine

katkı sağlamaktadır İyi yönetilen bir toprak altı damla sulama sisteminde randıman %95'in üzerine çıkabilmektedir (Payero 2002).

Günümüzde gerek yetiştiricilerin gerekse ticari kuruluşların toprak altı damla sulama sistemlerine olan ilgileri, bu sistemlerinin kullanımının gelecekte artarak devam edeceğini göstermektedir. Toprak altı damla sulama, mikro sulama sistemleri içerisindeki diğer sulama yöntemleri ile karşılaştırıldığında en iyi yönetim becerisinin gerektiği sulama yöntemidir (Evans ve ark. 2007). Bu nedenle diğer sulama yöntemlerine nazaran işletilmesi noktasında ciddi bir eğitim programını da gerektirmektedir.

Bu çalışma ile yıllık yağış değerlerinin ve su kaynaklarının görece az olduğu Konya kapalı havzasında su kullanım etkinliği yüksek olan toprak altı damla sulama yöntemi hakkında bir değerlendirme yapılmaya çalışılmıştır.

2. Toprak altı damla sulama sistemlerinin kullanılabilirliği

Toprak altı damla sulama sistemleri, toprak üstü damla sulama sistemlerinde olduğu gibi bahçe ve tarla bitkilerinde kullanılmaktadır. Toprak altı damla sulama sistemleri 1960 yılların başından itibaren modern tarımsal sulamanın bir parçası olmaya başlamıştır. 1959 yılında Amerika'da tuzluluk laboratuvarlarında sulama mühendisi olarak çalışan Sterling Davis tarafından patates ve turunçgilde toprak altı damla sulama ve toprak üstü damla sulama denemeleri yürütülmüştür. Yine aynı dönemde toprak altı damla sulama ile ilgili ilk bilimsel rapor İsrail'de Blass(1964) tarafından yayınlanmıştır (Lamm ve ark. 2007).

Toprak altı damla sulama sistemlerinin tasarımı toprak üstü damla sulama sistemlerine benzerlik göstermekle birlikte TADS' inde filtre elemanları, basınç düzenleme vanaları, manometreler, debi ölçüm araçları, vakum önleme vanaları, hava çıkış vanaları, geri akışı önleyen vanalar ve yıkama sistemlerine daha fazla hassasiyet gösterilmelidir (Camp ve ark. 2000).

Damla sulama sistemleri; sulama suyu, gübre ve diğer kimyasalları düşük miktarlarda ve sık aralıklarla bitki kök bölgesine direkt olarak uygulayabilen bir sistemlerdir. Damla sulama sistemlerinin son uygulamalarından olan toprakaltı damla sulama sistemleri atık su kullanımında oldukça etkili bir sistemdir. Çünkü bu sistemlerde su direkt olarak bitki kök bölgesine verilmekte, buharlaşma kayıpları ortadan kaldırılmakta ve sistem tamamen toprak altında olduğundan atık

suların insan ve hayvanlarla olan teması engellenerek sağlık riskleri en aza indirilebilmektedir. Uygun şekilde kurulan ve işletilen bir atık su toprak altı damla sulama sistemi yüksek kalitede süzülmüş su üretebilmekte ve bu yolla yüzey ve taban sularının korunumu sağlanmaktadır (Bozkurt ve ark, 2007).

Toprak altı damla sulama sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalarda ağırlıklı olarak düşük eř su dağılımı, bakım ve onarım zorluğu ve damlaticıların tıkanıklığu gibi sorunlarla karşılaşılmıştır. Karşılaşılan bu sorunlar toprak üstü sistemlerinin daha hızlı yaygınlaşmasına neden olmuştur. 1980 yılların başlarında plastik sanayisinde, sulama alet ve ekipmanları üretim teknolojisinde yaşanan gelişmeler toprak altı damla sulamaya olan ilgiyi tekrar artırmıştır. Bu tarihlerde bir çok bitkide akademik çalışmalar yapılmış olup en fazla çalışma pamuk ve mısır bitkisinde yapılmıştır. Çalışma yapılan diğer bitkiler ise şekerpancarı, yerfıştığu, çim, buğuğay, sorgum, yonca, domates, nohut, kavun, patates, kabak, fasulye, balkabağu, havuç, soğan, brokoli, biber, üzüm, elma, armut olarak sıralanabilmektedir (Camp, 1998).

Yapılan çalışmalarda toprak altı damla sulama sistemleri verim değerlerinin diğer sulama sistemleri ile karşılaştırıldığuında ise diğer sulama sistemleriyle elde edilen verime eşit ya da daha fazla olduğu görülmüştür(Camp, 1998).

Toprak altı damla sulama sistemlerinin üstünlükleri ve kısıtlayan etmenleri, su ve toprak, bitki ve kültürel işlemler ve sistem altyapısı olmak üzere üç grup altında değerlendirilmiştir (Lamm, 2002).

2.1 Toprak altı damla sulama sistemlerinin üstünlükleri

Tarım ve peyzaj alanlarında kullanılabilen ,TADS sistemleri belli koşullar altında en etkili sulama yöntemi olarak kabul edilmektedir(Kalfountzos ve ark. 2007). TADS sistemleri diğer sulama yöntemleri ile karşılaştırıldığuında birçok avantaja sahiptir. Lamm ve Camp (2007) sistemin avantajlarını, su ve toprak, kültürel işlemler ve sistem altyapısı olarak üç grup altında değerlendirmiştir.

2.1.1 Toprak ve su ile ilgili üstünlükleri

Daha etkin su kullanımı- Toprak yüzeyinden olan buharlaşma, yüzey akışı ve derine sızma daha az olduğu için su kullanım etkinliğu yüksek olmaktadır.

Yeraltı ve yerüstü su kaynaklarında daha az kirlenme- Toprak altı damla sulamada yüzeysel sular ve yeraltı su kaynakları, derine sızma ve yüzey akışının yarattığı kirlilikten daha az etkilenir.

Atık suların ve düşük kalitedeki su kaynaklarının kullanımına olanak sağlar- Toprak altı damla sulama ile atık su uygulamaları patojenlerin(mikropların) hareketini, kokuyu ve insanların ve hayvanların bu tip sularla temasını azaltmaktadır.

Daha iyi su uygulama üniformitesi- Üniform bir su dağılımı ile suyun ve gübrenin daha kontrollü olarak dağılımına olanak vermektedir.

Toprak yüzeyinin kuru kalması- Arazi yüzeyinin kuru kalması yetiştiricilik esnasında diğer tarımsal işlemlerin yapılmasına olanak verir. Ayrıca yüzey kuru kaldığı için toprak sıkışması daha az olacaktır.

2.1.2 Bitki ve kültürel işlemler ile ilgili üstünlükleri

Bitki gelişimi, verim ve kalitedeki artış – Toprak altı damla sulamayla yetiştirilen birçok bitkide verim ve kalitede artışlar olmakta, bitki gelişimi olumlu yönde etkilenmektedir.

Bitki sağlığı ile ilgili gelişmeler –Daha kuru toprak yüzeyi ve daha az nemli bitki gövdesi mantari hastalıkların gelişimini azaltmakta ve ayrıca sistem toprak fumigasyonu içinde kullanılabilir.

Daha iyi gübreleme ve ilaçlama- Sistem aracılığıyla istenilen zaman ve miktarda uygulanabilen gübre ve pestisitlerin etkinliği artırılabilir.

Daha iyi yabancı ot kontrolü- Toprak altı damla sulama sistemlerinde toprak altına yerleştirilen laterallar ile sulama yapıldığından toprak yüzeyi kuru kalmakta böylece yabancı otların çimlenmesi ve gelişimi azalmaktadır.

Çift ürün alma şansı- Sistemin hasattan sonra kaldırılması veya ekimden önce yeniden kurulması söz konusu olmadığından yetiştiricilik zamanı uzatılabilir.

Yönetim işletmedeki gelişmeler- Sulama esnasında tarımsal işlemler sürdürülebilir. Toprak yüzeyi kuru olduğu için daha az toprak sıkışması olacaktır. Ayrıca sulamadan kaynaklanan kaymak(kabuk) tabakası oluşumu büyük ölçüde azalacaktır. Sistem toprak altında olduğu için tarım alet ve ekipmanlarından daha az zarar görecektir. Tarım işçilerinin, sulama ile birlikte uygulanan kimyasallarla olan teması daha az olacaktır.

2.1.3 Sistem altyapısı ile ilgili üstünlükleri

Otomasyon- Toprak altı damla sulama sistemlerinde sulama ve gübreleme uygulamaları ileri kontrol teknolojileri ile sistemin otomatik olarak işletilmesine olanak sağlamaktadır.

Düşük enerji maliyetleri- Sistemde işletme basıncı düşük olduğu için enerji ihtiyacı daha düşük olmaktadır. Sistemin yüksek sulama randımanı sulama süresini azaltmakta böylece enerji giderlerini de düşürmektedir.

Sistem bütünlüğü- Toprak altı damla sulama sistemlerinde hareketli yağmurlama sulama sistemlerine göre daha az mekanik aksam kullanılmaktadır. Sistemde kullanılan birçok parça plastik olup korozyona dayanıklıdır. Toprak altı damla sulama sistemlerinin sezon sonunda toplanması veya yeniden kurulumuna gereksinim duyulmadığından sistem elemanları daha az zarar görmektedir.

Tasarımda kolaylık- Toprak altı damla sulama sisteminin tasarımında, arazi şekli, büyüklüğü ve topoğrafya koşulları, merkezi hareketli yağmurlama sulama sistemlerinde olduğu gibi kısıtlayıcı bir etmen olarak karşımıza çıkmamaktadır. Bitki sıra üzerine yerleştirilen laterallar ile su ve gübre uygulamaları optimum bir şekilde bitki kök bölgesine kolayca ulaştırılabilmektedir. Basınç ayarlı damlaticıların kullanıldığı toprak altı damla sulama sistemleri arazi eğiminin yarattığı olumsuz etkilerinden diğer yüzey sulama sistemlerine göre daha az etkilenmektedir.

Sistem ömrü- Toprak altı damla sulama sistemleri doğru bir şekilde tasarlanıp yönetildiğinde ekonomik ömrü uzun olmaktadır. Ekonomik ömrünün uzun olması sistemin yatırım maliyetlerini yıllar içinde karşılamasını sağlamakta, bu da ekonomik değeri düşük olan bitkilerinde toprak altı damla sulama sistemleri ile yetiştirilmesine imkân vermektedir.

Toprak işlemez tarım- TADS sistemleri toprak işlemez tarım tekniklerine uyum sağlaması noktasında kolaylıklar sağlamaktadır.

2.2 Toprak altı damla sulama sistemlerini sınırlayan etmenler

Toprak altı damla sulama sistemlerinin birçok üstünlüğü olmasına karşın sistemi kısıtlayan etmenlerde bulunmaktadır. Lamm ve Camp (2007) bunları su ve toprak, bitki ve kültürel işlemler ve sistem altyapısı olmak üç grup altında değerlendirmiştir.

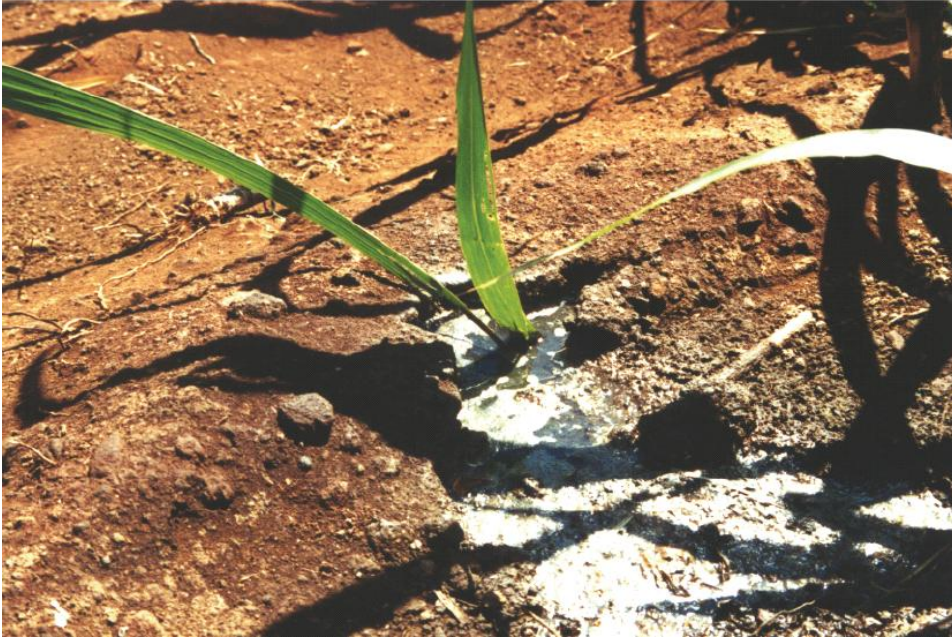
2.2.1 Toprak ve su ile ilgili sınırlayıcı etmenler

Küçük ıslatma soğanı- Kaba bünyeli topraklarda ıslatma soğanının küçük olması nedeniyle bitki kök alanı da küçük olacaktır.

Sistem izleme ve değerlendirme- Sulama sisteminin amacına uygun olarak kullanılıp kullanılmadığı ancak sistem değerlendirilmesi ile belirlenebilmektedir. Sistem toprak altında olduğundan toprak altı aksamda oluşabilecek hasarların tespiti güç olmakta ve gerekli önlemlerin zamanında alınmasını engellemektedir. Böylece verim ve kalite düşmekte, ayrıca aşırı sulama ile birlikte derine sızma problemlerine neden olmaktadır.

Toprak hidrolik özellikleri- Damlatıcı debisinin suyun toprakta dağılma hızından fazla olduğu durumlarda yüzeyde toprakta çökmeler oluşmaktadır.

Şekil 1 Damlatıcı bölgesinde oluşan çöküntü



Suyun yüzeye doğru hareketi- Toprak altı damla sulama sistemlerinde çimlenme, lateral derinliğine ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Suyun yüzeyin birkaç santim altındaki tohumu ulaşması kaba bünyeli topraklarda ya da derin yarıkların olduğu toprak koşullarında daha büyük bir sorun haline gelmektedir.

2.2.2.Yetiştiricilik ve kültürel işlemler ile ilgili sınırlayıcı etmenler

Toprak işleme- Lateral derinliğine bağlı olarak toprak işleme sınırlı kalmaktadır.

Kök gelişimi sınırlıdır- Kök gelişimi sadece damlatıcının ıslattığı alan ile sınırlı kalmaktadır. Bu sınırlı alanda su ve gübre tüketimi hızlı olmaktadır.

Bitki sıra aralığı ve ekim rotasyonu- Toprak altı damla sulama sistemlerinde laterallar toprak altında ve sabit oldukları için sistemin sezon sonunda yerinin değiştirilme olasılığı yoktur. Sabit lateral aralığı ve derinliği münavebeyi güçleştirmektedir.

2.2.3 Sistem alt yapısı ile ilgili sınırlayıcı etmenler

Maliyet- Toprak altı damla sulama sistemlerinde gömme işlemi, daha hassas filtreleme birimi gereksinimi, ilave vanalar ve yıkama boruları ilk yatırım masraflarını artırmaktadır.

Arıtım- Tüm mikro sulama sistemlerinde olduğu gibi toprak altı damla sulama sistemlerinde de sistemin uygun bir şekilde işletilmesini sağlamak ve sistem ömrünü uzatmak için sulama suyu arıtımının mutlaka yapılması gerekmektedir. Toprak altı damla sulama sistemlerinde suyun arıtımına toprak üstü damla sulama sistemlerinden daha fazla özen gösterilmelidir. Çünkü bu sistemlerde izleme ve değerlendirme olmadığı gibi tıkanmaların yaratacağı sorunun çözümü toprak altı damla sulama sistemlerinde daha zordur.

Diğer bakım sorunları- Özellikle laterallerin derine yerleştirildiği sistemlerde, pestisitlerin neden olduğu hasarlar neticesinde oluşabilecek sızıntıların yerinin belirlenmesi ve bunların tamiri oldukça güç olmaktadır. Damlatıcı civarındaki kılcal köklerin damlatıcılara girişinin(Şekil 2) engellenmesi gerekmektedir. Kılcal köklerin damlatıcıları tıkamaması için gerekli tedbirlerin alınması ve sistemin etkili bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Yine meyve bahçelerinde ağaç kök sistemleri laterallerin sıkıştırarak su akışını azaltabilmekte veya durdurabilmektedir. Laterallarda biriken toprak ve diğer parçacıkların belli aralıklarla yapılacak basınçlı yıkama ile sistemden uzaklaştırılması gerekmektedir.

Şekil 2 Bitki köklerinin neden olduğu tıkanıklık



İşletim- Sistemde ana ve yan borular, laterallar ve yıkama boruları toprak altında olması, diğer sulama sistemlerine nazaran izlenme ve değerlendirmenin daha dikkatli bir şekilde yapılması gerektirmektedir. Sistemde uygulama üniformitesinin görsel olarak değerlendirilmesi çok güçtür. Bu yüzden sistemde uygun yerlerde olacak şekilde ilave akım ve basınçölçerlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Tasarım- Toprak altı damla sulama sistemleri hakkında diğer sulama sistemlerine göre daha az bilgi bulunmaktadır. Toprak altı damla sulama sistemi konusunda bilgi ve tecrübe sahibi üretici sayısı da çok azdır. Sistemin birçok parçası toprak altında olduğu için, tasarım hatalarının düzeltilmesi oldukça güçtür. Örneğin sistem kapatıldığında oluşabilecek ters emme etkisi ile toprak materyalleri laterallara girebilmektedir. Oluşabilecek bu vakumun önlenmesi için hava tahliye vanalarının belirlenen yerlere mutlaka yerleştirilmesi gerekmektedir. Bazı toprak koşullarında oluşan aşırı toprak yükünün laterallar üzerinde yarattığı basınç akımı azaltmakta ve sistem performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Ekonomik ömrün dolması- Sistemin ekonomik ömrü dolduğunda toprak altında kalan plastik aksamlar uzaklaştırılmadığı takdirde atık olarak çevre kirliliğine neden olmaktadır.

2.3 Toprak altı damla sulama sisteminin uygulanacağı koşullar

Toprak altı damla sulama sisteminin başarısı bitki çeşidine, coğrafi koşullara, iklim ve toprak koşullarına ve büyük çoğunlukla da sistemi kısıtlayan etmenlerin bertaraf edilmesine bağlıdır.

2.3.1 Bitki Özellikleri

30 dan fazla sıra bitkisinde ve peyzaj alanlarında uygulanabilen toprak altı damla sulama sistemlerinde lateral gömme derinlikleri bitki çeşidine bağlı olarak 2-70 cm arasında değişmektedir (Camp 1998).

Lateral derinliğine bağlı olarak sistem yakın yüzey uygulamaları, genel derinlik uygulamaları ve derin toprak uygulamaları olarak sınıflandırılabilir. Toprak yüzeyinden 5-15 cm derinliğe gömülen sistemler, saçak köke sahip kültür bitkisi yetiştiriciliğinde uygulanmaktadır. Toprak yüzeyine yakın olan etkili kök bölgesi hedeftir. **Havuç**, soğan, **patates**, **tatlı patates**, ıspanak, **çilek**, sarımsak, yer fıstığı, marul gibi genel tek yıllık sebze üretiminde uygulanmaktadır. Genel derinlik uygulaması ise laterallar toprak yüzeyinden 25 cm derinliğe gömülür. Daha çok şeker kamışı, **baharat**, ananas, domates, patlıcan, biber, fasulye, karnabahar, hıyar, soya fasulyesi, **şekerpancarı ve baklagil** üretiminde tercih edilmektedir. Derin kök yapısına sahip tek ve çok yıllık kültür bitkileri ile, etkili kök bölgesinin toprak yüzeyine yakın alanda yetişen meyve ağaçları ve bağlarda tercih edilmesi gereken derinlik, yüzeyden 30-70 cm toprak altındadır. Pamuk, **mısır**, **yem bitkileri(yonca)**, **karpuz**, **kavun**, **kabak**, **şaraplık ve sofralık üzüm**, zeytin ve meyve ağaçlarına yapılacak toprak altı uygulamaları bu derinlikte uygulanmaktadır (Anonim 2008).

Camp (1998) toprak altı damla sulamada lateral derinliği ve aralığı ile ilgili yapılmış araştırmaları özetlediği çalışmasında elde edilmiş lateral derinlikleri ve aralıklarını (Tablo 1)'de düzenlemiştir.

Tablo 1 Bitki çeşidine bağlı olarak değişen lateral derinlikleri

Bitki	Derinlik(m)	Lateral aralığı(m)
Yonca	0,15-0,40	0,50-1,5
Bermuda çimi	0,15-0,30	0,60-1,5
Mısır	0,15-0,40	0,70-1,5
Pamuk	0,20-0,45	1-1,5
Sorgum	0,20	0,70
Yerfıstığı	0,35	0,90
Şeker kamışı	0,30	-
Çim	0,10-0,30	0,50-1,5
Buğday	0,20-0,30	0,50-1,5

Elma	0,30-0,070	2-5
Kuşkonmaz	0,30	-
Muz	0,15-0,30	-
Dolmalık biber	0,10-0,15	0,75-1
Brokoli	0,30	0,75-1,5
Lahana	0,10-0,15	-
Kavun	0,15-0,40	1,5
Havuç	0,10-0,15	1,0-1,5
Karnabahar	0,15-0,20	1
Börölce	0,30	0,75-1,5
Hıyar	0,25	0,30
Üzüm	0,25-0,45	-
Yeşil fasulye	0,30	0,75-1,5
Şerbetçiotu	0,35-0,45	0,6-1,2
Marul	0,05-0,15	0,30-1
Kokulu kavun	0,3	0,75-1
Bamya	0,15	1
Bezelye	0,3	0,9
Patates	0,5-0,10	0,5
Şalgam	0,15	1

Kabak	0,30	0,76-1,52
Domates	0,15-45	0,30-1,5
Karpuz	0,20	2

2.3.2 Toprak ve Topografya Koşulları

Toprak tipi toprak altı damla sulama sistemlerinin tasarımında ilk olarak düşünülmesi gereken tasarım ölçütlerindendir. Lateralların gömülme derinlikleri ve aralıkları toprak tipine bağlı olarak değişmektedir. Damlatıcıdan çıkan suyun toprak yüzeyine doğru hareketi toprak bünyesine bağlı olarak değişim göstermektedir. Kaba bünyeli topraklarda suyun yukarıya doğru olan hareketi güçleştiğinden çimlenme ve bitki çıkışları sorun olmaktadır bu da çimlenme için ilave bir sulama sistemini gerektirebilmektedir (Anonim 2009/a).

Kaya zemini üzerindeki sık topraklar lateral derinliğini kısıtladığı için toprak altı damla sulama sistemleri için uygun olmayabilir. Et kalınlığı az olan şerit laterallar kullanıldığında toprak ağırlığı lateralı ezerek akımı yavaşlatmaktadır. Sistemin uygulandığı arazi topografyası dalgalı ise laterallarda oluşacak kırılmalar hem akımı yavaşlatacak hem de sistem kapatıldığında ters sifon etkisi ile damlatıcı etrafındaki nemli toprak damlatıcıya girecektir. Mümkünse arazi eğiminin %2'den az olması ters sifon etkisini ve laterallardaki kırılmaları önleyecektir. Yarılmış veya ağır killi topraklarda toprak su dağılımında problemlerle karşılaşılabilir (Lamm ve Camp 2007).

2.3.3 Su Kaynağının Özellikleri

Su kalitesi, toprak altı damla sulama sistemlerinde filtreleme elemanlarına, kimyasal uygulamalarına ve sistem yönetimine etki eden en önemli unsurlardandır. **Toprak altı damla sulama sistemlerinde karşılaşılan en yaygın sorun damlatıcıların su içinde bulunan fiziksel, kimyasal ve biyolojik maddelerle tıkanmasıdır.** Yüzey su kaynaklarında alg ve sedimentler daha fazla görülürken, çözünmüş demir, manganez, sülfür ve karbonatlarda daha çok yer altı su kaynaklarında görülmektedir Bu yüzden su kaynağı özelliklerine bağlı olarak filtreleme ünitesinin kurulması gerekmektedir (Dukes ve ark.2005).

Yer altı su kaynakları yüzey su kaynaklarına göre daha az tıkayıcı maddeler içerdiklerinden daha çok tercih edilirler. Bununla birlikte içerdikleri demir ve manganez seviyelerinin sistemi kısa sürede tıkayacak seviyelerde olup olmadığı mutlaka belirlenmeli ve gerekirse kimyasal uygulaması yapılmalıdır (Grabow ve ark.,2005).

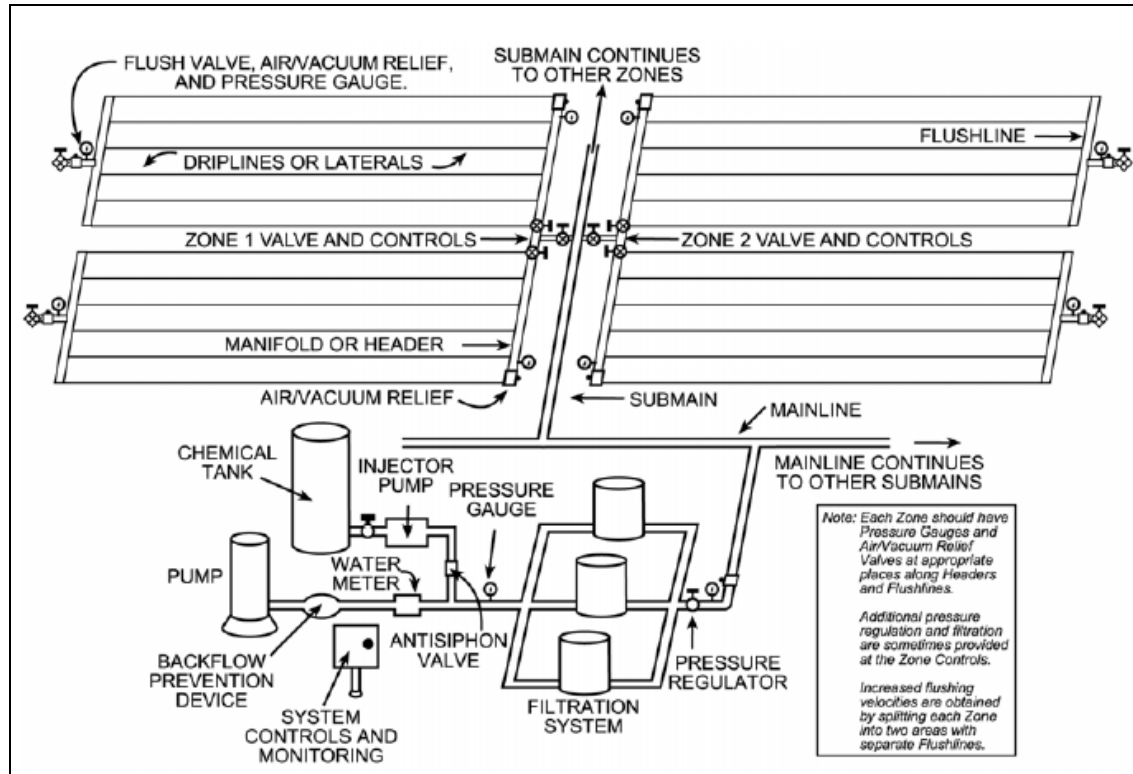
2.4 Toprak Altı Damla Sulama Sistemlerinin Tasarım ve Kurulumu

Toprak altı damla sulama sistemlerinin başarısı, sistemin uygun bir şekilde tasarımı ve yönetimi ile yakından ilişkilidir. Yapılan bilimsel çalışmalar ve uygulamalardan elde edilen bilgi ve deneyimler, toprak altı damla sulama sistemlerinin iyi bir şekilde tasarlanıp, kurulup, işletilip ve yönetilmesi ile sistemden beklenen yüksek verim ve su tasarrufuna ulaşılabileceğini göstermiştir. Toprak altı damla sulama sistemi uygun bir şekilde kurulmadığında sistemin yönetimi güçleşmekte ve su dağılım üniformitesitesi bozulmakta ve arzu edilen su kullanım etkinliğine ulaşılamamaktadır. Düzgün bir şekilde kurulan sistemin mutlaka iyi bir şekilde işletilmesi ve yönetilmesi de gerekmektedir (Rogers ve Lamm 2009/b).

Toprak altı damla sulama sistemlerinin özellikle hidrolik tasarımı toprak üstü damla sulama sistemlerinden farklı değildir. Damla sulama sistemlerinde kullanılan kontrol ünitesi, bağlantı elemanları, basınç düzenleyicileri, gübre tankı, vanalar, filtreler, akım düzenleyicileri, ana boru, yan borular(manifold), laterallar ve damlatıcılar toprak altı damla sulama sistemlerinde de kullanılmaktadır (Oassim 2003).

Toprak altı damla sulama sistemlerinin sürdürülebilirliği ve ekonomik ömrü, sistem unsurlarının eksiksiz ve uygun bir şekilde kurulumuna bağlıdır (Rogers ve Lamm 2009/b). Sistemin basit haliyle kurulum şeması Şekil. .3 de görülmektedir.

Şekil 3 Toprak altı damla sulama sistem unsurları



2.4.1 Filtreleme Birimi

Filtreleme sistemleri toprak altı damla sulama sistemlerinin en önemli unsurudur. Sistemin işletiminin ve yönetiminin kullanıcı tarafından çok iyi bir şekilde anlaşılması gerekmektedir. Toprak altı damla sulama sistemlerinde su kaynağına ve damlatıcı özelliklerine bağlı olarak birçok filtreleme sistemleri kullanılmaktadır (Lamm ve ark. 1997). Sistem su kaynağına bağlı olarak gravel veya hidrosiklon filtre(şekil 4) ile suyu temizledikten sonra kontrol filtresinden geçen su(disk veya screen filtre) yine toprak altına gömülmüş olan ana boruya iletir (Anonim 2008).

Şekil 4 Hidrosiklon filtre



2.4.2 Vanalar

Toprak üstü damla sulama sistemlerinde olduğu gibi toprak altı damla sulama sistemlerinde de vanaların doğru seçimi ve uygun yerlere yerleştirilmesi oldukça önemlidir. Vanalar basınç, akım ve su dağılımının kontrolünde önemli rol oynamakta ve sistemin yönetimini kolaylaştırmaktadır

Kontrol vanaları, kapama vanası, basınç tahliye vanaları, basınç düzenleyiciler ve vantuzlar toprak altı damla sulama sisteminde kullanılan vanalardır. Seçilen vana özelliklerinin(ebatları, çalışma basıncı ve materyali) sistem ihtiyaçlarını karşılayacak özelliklere sahip olması gerekmektedir. Dalgalı topoğrafyalarda arazinin yüksek noktalarına yerleştirilecek vantuzlar büyük önem taşımaktadır (Grabow ve ark. 2005).

Toprak altı damla sulamada en büyük tehlikelerden biriside sistem kapatıldığında damlatıcı etrafındaki nemli toprağın damlatıcı içine girerek damlatıcıları tıkamasıdır. Sistem kapandığında lateral içerisindeki suyun yıkama manifolduna doğru hareketi damlatıcıda negatif emme etkisi yaratır. Arazideki %0,5'lik bir eğim bile bu emme etkisinin oluşması için yeterli olacaktır. Sistemde belli noktalara yerleştirilecek hava boşaltma vanaları(vantuz)(şekil 5) ile bu etki ortadan kaldırılabilir(Marais 2009). Hava boşaltma vanaları, her bir manifolda, yıkama(flush) borularına ve en az 50 laterala bir tane olacak şekilde yerleştirilmelidir(Haris 2005).

Şekil 5 Hava boşaltma vanası(vantuz)



2.4.3 Ana ve Yan(manifold) Borular

Toprak altı damla sulama sistemlerinde ana ve yan boru kesitleri toprak üstü damla sulama sistemlerinde olduğu gibi hesaplanmaktadır. Farklı olarak toprak altı damla sulama sisteminde yıkama işleminin getirdiği artı yükler hesaba katılır. Ayrıca tüm boru aksamı toprak altındadır(Şekil 6) (Grabow ve ark. 2005).

Şekil 6 Ana ve yan borular



2.4.4 Laterallar

Toprak altı damla sulamanın en önemli bileşenlerinden biriside, bitki kök bölgesine gömülerek suyu direkt kök bölgesine veren lateral borularıdır. Lateral boruları şerit(yassı) halinde veya

yuvarlak boru olarak üretilmektedir. Yass  laterallar n( ekil 7) et kalınlığı yuvarlak laterallardan daha azdır. Yass  boruların fiyatı yuvarlak borulara nazaran daha d    k olduğundan tek yıllık kurulumlarda daha yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Daha pahalı olan yuvarlak borular( ekil 7) ise ömrü daha uzun olduğu için çok yıllık olarak genellikle meyve bahçeleri, yem bitkileri ve peyzaj alanlarında kullanılmaktadır (Anonim 2009/b).

Şekil 7 Yass  ve yuvarlak lateral



Lateral borusunun seçimi bitki çeşidine, toprak karakteristiklerine ve lateralın dayanıklılığı ile hidrolik özelliklere bağlı olarak değişmektedir. Damlatıcı çapları 10mm-35mm arasında olup yapılacak hesaplamalar neticesinde belirlenmektedir(Grabow ve ark. 2005).

Toprak altı damla sulama sisteminde en fazla araştırılan konuların başında lateralların gömülme derinliği gelmektedir. Damlatıcı laterallarının en uygun gömülme derinliğinin belirlenmesi için toprak yapısı ve bünyesinin ve bitki kök gelişim özelliklerinin çok iyi belirlenmesi gerekmektedir (Patel ve Rajput 2007).

Lateralların Gömülmesi

Toprak altı damla sulama sistemlerinde en önemli konulardan biriside lateral gömme derinli idir. Laterallar çok derine g m ld   nde çimlenme ve bitki  ıkı ı sorunu ile kar ıla ılırken, yüzeye yakın g m ld   nde de toprak işlemeyi kısıtlamaktadır(Grabow ve ark. 2005). Lateralların 20cm'den daha az derinliklere g m ld    bahçe bitkileri üretiminde, lateral boruları toprak üstü damla sulama sisteminde olduğu gibi sezon başında serilip sezon sonunda da toplanmaktadır.

Laterallar toprak işleme esnasında toprak işleme makinelerinin zarar vermeyeceği derinlikte gömülmelidir. Laterallar, damlaticıları toprak yüzeyi yönüne(Şekil 8) gelecek şekilde gömülmelidir. Böylece damlaticılarda sediment birikimi ile oluşabilecek tıkanmaların önüne geçilmiş olur (Lamm ve Camp 2007).

Şekil 8 Damlaticı yönü



Laterallar, traktörün arkasına bağlanabilen çizel-kesici gömme makinesi ile gömülürler(Şekil 9). Gömme işleminin hızı toprak yapısına ve gömme derinliğine bağlı olarak değişmektedir (Lamm ve ark. 1997).

Şekil 9 Örnek lateral gömme makinesi



2.4.5 Yıkama Vanaları

Toprak altı damla sulamada, suyun dağıtımını yapan ana boru ve yan boru dışında lateral hattı sonunda sistemin kolay temizlenebilmesi ve kontrolü amacı ile kolektör(yıkama manifoldu) boru bulunmaktadır (Anonim 2008).

Sulama suyundaki çok küçük parçacıklar filtreden geçerek damlatıcıları tıkayabilmektedir. Laterallara bağlanan yıkama boruları sonundaki yıkama vanaları açıldığında yüksek basınçla gelen su, tıkayıcı maddeleri sistemden uzaklaştırmaktadır (Grabow ve ark. 2005).

2.5 Toprak Altı Damla Sulama Sisteminin Bakımı ve Yönetimi

Toprak altı damla sulama sistemleri sulama suyunun, düşük debi ve basınç altında üniform bir şekilde dağıtıldığı sistemlerdir. Uygun bir şekilde tasarlanıp yönetildiğinde sistem ömrü 20 yılı geçebilmektedir. Sistemde uzun bir ömür için filtreleme, belli dönemlerde yıkama, klor ve asit uygulamaları mutlaka yapılmalıdır. Bu önlemler düzenli bir şekilde uygulandığı sürece sistemde olabilecek arızalanmalar ve tamir-bakım işleri azalacaktır (Enciso ve ark. 2001)

Toprak altı damla sulama sistemlerinde su toprak altından uygulandığı için sistemin izleme ve değerlendirilmesine olanak sağlayacak ipuçları bulunmamaktadır. Bu yüzden toprak altı damla sulama sistemlerinde akımölçerler ve basınçölçerler sistemin yönetilmesinde kolaylık sağlayacaktır. Her bir manifoldun başına koyulan basınçölçerler laterallardaki basıncı verecektir.

Akımdaki azalma ve/veya basınç artışı sistemde tıkanıklığı ya da bunun aksi olarak, akımdaki artış ile azalan basınç sistemdeki sızıntının olduğunu gösterebilmektedir. Lateral hatlarının bağlandığı yıkama borusu üzerindeki basınçölçerler temel sistem performansını değerlendirmemize yardımcı olmaktadır. Sistemde kullanılacak basınçölçerlerin çok kaliteli olması gerekmektedir. Belli periyotlarda yapılacak kontrollerle arızalı basınçölçerlerin değiştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Akım ve basınç ölçüm değerleri kayıt altına alınarak sistem sürekli kontrol altında tutulmalıdır.

Toprak parçacıkları, kimyasal çökelmeler ve biyolojik maddeler sistemde damlatıcıların tıkanmasına neden olmaktadır. Toprak parçacıklarının sebep olduğu tıkanmalar basınçlı yıkama ile önlenabilmektedir. Sistemde lateral sonlarına bağlanan yıkama borularının sonuna yerleştirilen vanaların açılarak sistem yüksek basınçla yıkanmaktadır. Vanalardan(Şekil.10) çıkan suyun içerdiği atık miktarına ve sulama suyu kalitesine bağlı olarak yıkama süresi ve sıklığı

belirlenmelidir. Sulama suyu kalitesi çok kötü ise atılan atık miktarına da bağılı olarak her sulamadan sonra yıkama yapılmalıdır. Sulama suyu kalitesine ve yıkama da görülen atık miktarına bağılı olarak haftada, iki haftada ya da ayda bir defa yıkama yapılabilir (Smajstrla ve Boman 1999).

Şekil 10 Yıkama vanaları



Sistem tasarlanırken filtreleme ünitesi dikkatli bir şekil seçilmelidir. Sulama suyunun PH'sı yükseldiğinde kalsiyum karbonat gibi kimyasal çökeltiler, damlatıcı içindeki etkinliğini artırmaktadır. Kimyasal çökelmeleri önlemek için sulama suyuna belli dönemlerde asit uygulaması yapılır (Poyero ve ark. 2005). **Sulama suyu PH 8' i geçtiği ve bikarbonat değerinin 100 ppm'i aştığı durumlarda çökelme ile birlikte tıkanmalarda başlayacaktır. Sistemde sülfürik, fosforik, üre-sülfürik ve sitrik asit uygulanabilir. Yaygın olarak ise %98'lik sülfirik asit tercih edilmektedir. Sitrik asit daha çok organik tarım yapılan alanlarda kullanılmaktadır** (Enciso 2001).

Sulama suyunun özelliğinin önceden belirlenmesi karşılaşılabilecek sorunları görmemize ve gereken önlemleri almamıza yardımcı olacaktır. Çizelge 2'de sulama suyunda tıkanmaya neden olacak kimyasalların sınır değerleri verilmiştir (Enciso 2001).

Tablo 2 Sulama suyu kimyasal özellikleri ve tıka potansiyelleri

Sulama suyunun tıka potansiyeli			
Kimyasal özellik	Alt	Orta	Üst
PH	<7.0	7.0-8.0	>8.0
Bikarbonat(ppm)		<100.0	
Demir(ppm)	<0.2	0.2-1.5	>1.5
Sülfid(ppm)	<0.2	0.2-2.0	>2.0

Bakteri ve alglerin neden olduğu biyolojik tıkaçıcılar klorlama ile önlenmekte veya ortadan kaldırılabilmektedir. Filtre ünitesine yerleştirilen kum-çakıl tankları ile bu materyallerin girişi de azaltılabilmektedir(Anonim 2008). Su kaynağına bağlı olarak sisteme sezon içinde bir veya iki defa yapılacak klorlama yeterli olacaktır (Enisco 2001)

SONUÇ

Ekonomik ve sosyal kalkınmada bölgelerin sahip olduğu doğal kaynaklar potansiyeli ve bu potansiyelin sürdürülebilir bir şekilde kullanımı önem arz etmektedir. Ekolojik sistemin ayrılmaz bir parçası olan su kaynakları, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinin, dolayısıyla bugün ve gelecekte gıda arz güvenliğinin sağlanmasında en önemli doğal kaynağımızdır. Bölgemiz ulusal düzeyde stratejik öneme sahip olan pek çok tarımsal ürünün üretiminde ilk sıralarda yer almasına karşın iklim değişiminin olumsuz etkileri ve su kaynaklarının iyi yönetilememesi gibi nedenlerden ötürü bölgenin bu konumu tehlike altındadır. Su kaynaklarının yönetimi disiplinler arası karmaşık bir yapıya sahip olup doğru bir su yönetimi politikası sağlıklı ve sürdürülebilir bir tarımsal yapının da temelini oluşturmaktadır.

FAO, “Tarım ve Gıda İçin Toprak Su Kaynaklarının Durumu” raporunda 2050 yılında sosyo ekonomik baskılar ve iklim değişimi etkileri neticesinde gelişmekte olan ülkelerin tarımsal üretimlerini iki katına çıkarmak zorunda olduklarını belirtmiştir. Ayrıca DSİ, ülkemizde kullanılabilir durumda olan yerüstü ve yer altı su potansiyelinin yıllık yaklaşık olarak 112 milyar m³ olduğunu bu değer 44 milyar m³’ünün kullanıldığını bildirmiştir. 2030 yılı itibarıyla ülke

nüfusunun 100 milyona ulaşacağı ve yıllık su potansiyelimiz olan 112 milyar m³ suyun tamamının kullanılacağı öngörülmektedir. Mevcut hali ile su kaynaklarının %73'ünün tarımsal sulamada kullanıldığı düşünülürse 20 yıl sonra su kaynakları üzerinde oluşacak baskıları tahmin etmek mümkündür. Yıllar itibariyle içme suyu ve sanayi su kullanım oranlarında yaşanacak artışlar tarımsal sulamalarda kullanılacak sulama oranlarını düşürecektir. Bu nedenle Konya kapalı havzası sınırları içerisinde yer alan bölgemizde su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için kaynaklarımızın kıt olduğu bilincinin mutlaka oluşturulması ve su kaynaklarını kullanan tüm paydaşlarda(içme, sanayi ve tarım) özellikle tarım sektöründe sulama etkinliklerini artıran modern sulama teknikleri ve teknolojilerinin yaygınlaştırılması ülkemiz ve bölgemizde tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinin en büyük teminatı olacaktır.

Sulama; Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı 2013-2017 Strateji Planında da ifade edildiği üzere Kırsal Kalkınmanın en önemli itici gücüdür. 10. Kalkınma planında plan dönemi içerisinde sulama oranlarının artırılacağı plan dönemi sonunda işletmeye açılacak sulu tarım alanlarının 3,75 milyon hektar olacağı öngörülmüştür. Plan döneminde toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin noktasında koyulan hedeflere ulaşılabilmesi için **Tarımda Su Kullanımının Etkinleştirilmesi Programının** yürütüleceği ifade edilmiş olup program kapsamında sulama tesislerinde su tasarrufu sağlayan sulama randımanı yüksek tarla içi modern sulama yöntemlerinin(damla ve yağmurlama) uygulama alanlarının her yıl %10 artırılacağı yer altı suyu kullanım oranlarının plan dönemi boyunca(2014-2018) %5 azaltılacağı ifade edilmiştir.

Bölgemiz ve ülkemiz yukarıda da ifade edildiği üzere gelecek yıllarda sanayi, nüfus ve iklim değişikliği etkileri sonucu mevcut su kaynakları üzerine olan baskınlar daha fazla hissedilecektir. Ülkemiz ve Bölgemiz sahip olduğu kıt su kaynakları ile sulu tarımın sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi noktasında, mevcut sulama şebeke ve sistemlerinin randımanlarının artırılması ile mümkün olacaktır. Bunun için bölgemizde mevcut su iletim ve dağıtım hatlarında klasik sistemlerin acilen terk edilerek kapalı sistemlere geçişlerinin hızlandırılması ve tarla içi sulama sistemlerinde su kullanım etkinliği yüksek olan basınçlı sulama sistemlerine geçişi büyük önem arz etmektedir.

Son yıllarda ülkemizde uygulanan farklı destekleme politikaları ile yağmurlama ve damla sulama sistemleri gibi modern sulama yöntemlerinin bölgemizde yaygınlaştığı görülmektedir. Yaşanan bu olumlu gelişmelere rağmen kısıtlı su kaynakları ve bu kaynaklar üzerinde olan baskıların

azaltılması gayesi ile su tasarrufu sağlayacak tüm yöntemlerin araştırılması ve değerlendirilmesi bölgemiz için büyük önem kazanmaktadır.

Son yıllarda mevcut su kaynaklarına olan talebin artmasıyla özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda su kullanım etkinliği toprak üstü damla sulama sistemlerine nazaran daha yüksek su tasarrufu sağlayan toprak altı damla sulama sistemlerine olan talep hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Toprak altı damla sulama sistemleri, az miktardaki suyun, toprak altına yerleştirilen damlatıcılarla direkt bitki kök bölgesine uygulanabildiği en gelişmiş sulama yöntemidir. Toprak altı damla sulama sistemleri toprak yüzeyinden olan buharlaşma, derine sızma ve yüzey akışıyla gerçekleşen kayıpları azalttığı veya ortadan kaldırdığı için toprak üstü damla sulama sistemlerine göre daha avantajlıdır.

Ülkemizde ve bölgemizde son yıllarda yaygınlaşan toprak işlemesiz tarım yöntemi ile de uyumlu olan toprak altı damla sulama sistemlerinin bölgemizde hızlı bir şekilde yaygınlaşacağı düşünülmektedir. Bölgemiz sulu tarım alanlarında su kullanım etkinliği yüksek olan toprak altı damla sulama sistemlerinin uygulama olanaklarının ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından araştırılması büyük önem arz etmektedir.

NOT: BU RAPORDA YER ALAN DEĞERLENDİRMELER UZMAN GÖRÜŞÜ OLUP SADECE BİLGİLENDİRME AMACIYLA HAZIRLANMIŞTIR. BU RAPORDA YER VERİLEN GÖRÜŞ VE DEĞERLENDİRMELER, HİÇBİR ŞEKİLDE T.C. MEVLANA KALKINMA AJANSI'NIN KURUMSAL GÖRÜŞ VE YAKLAŞIMINI YANSITMAMAKTADIR.

KAYNAKLAR

- Bozkurt, S. ve Ödemiş, B. 2007. Geri Dönüşümü Sularının Damla Sulamada Kullanım Olanakları. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Yaşam Çevre Teknoloji, 24-27 Ekim 2007, İzmir.
- Anonim 2008. Damla Sulama Sistemleri. Adana Ziraat Üretim İşletmesi ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü Yayın No: 17, Adana.
- Anonim 2014. 10. Kalkınma Planı, Ankara
- Anonymous. 2009/a.Websitesi.http://www.bae.ncsu.edu/topic/go_irrigation/docs/695-2.pdf.
- Anonymous.2009/b.Websitesi.<http://www.unce.unr.edu/publications/files/ag/other/fs9713.pdf>.
- Camp, C.R., P.J.Bauer, and W.J.Busscher. 2000. Subsurface drip irrigation for cotton with conservation tillage. ASAE paper 002184, 9 p., St.Joseph,Mich.:ASAE.
- Camp, C.R. 1998. Subsurface Drip İrrigation: A Review, ASAE paper, Vol. 41(5): 1353-1367.
- Dukes, M., Haman, Z. D., Lamm, F., Buchanan, R.J., Camp, C. 2005. Site Selection for Subsurface Drip Irrigation Systems in the Humid Region. Impacts of Global Climate Change Proceedings of World Water and Environmental Resources Congress 2005.
- Enciso, J., Porter, D., Bordovsky, J., Fipps, G. 2001. Maintaining Subsurface Drip Irrigation Systems. Texas Cooperative Extension. The Texas A&M University Systems. 2001.
- Evans, G.R., Wu, P.I., Smajstrala, G.A. 2007. Design and Operation of Irrigation Systems. 2nd. Edition. ASABE, p: 632-683.
- Grabow, L. G., Harrison, K, Dukes, D. M., Vories, E., Smith, W. B., Zhu, H., Khalilian, A. 2005. Consideration for the design and installation of SDI systems in Humid areas. Proceedings of World Water and Environmental Resources Congress. May 15–19, 2005, Anchorage, Alaska, USA.
- Haris, G. 2005. Sub-surface drip irrigation: Installation. The State of Quensland Depertmant of Primary Industries and Fisheries 2005.
- Kolfountzos, D., Alexiou, I., Kotsopoulos, S., Zavakos, G., Vyrlas, P. 2007. Effect of subsurface drip irrigaiton on cotton plantations. Water Reseources Management. Volume 21: 1341-1351.
- Lamm, R.F., Clark, A. G., Yitayew, M., Schoneman, A. R., Mead, M.R., Schneider, D.A. 1997. Installation Issues For SDI Systems. ASAE Annual International Meeting. Minneapolis Convention Center. Minneapolis, Minnesota. August 10-14, 1997.

- Lamm, F. and Camp, C.R. 2007. Microirrigation for Crop Production., Elsevier., 2007.
- Lamm, F. 2002. Advantages and disadvantages of subsurface drip. Irrigation Meeting on Advances in Drip/Micro Irrigation, Puerta La Cruz, Tenerife, Canary Islands, December 2-5, 2002. Instituto Canario De Investigaciones Agrarias, Canary Islands, Spain. 13pp.
- Marais, A. 2009. Subsurface Drip Irrigation Systems. Netafim S.A.P.O. Box 3240 White River 1240 RSA.
- Nafaji, P. and Tabatabaei, H. 2007. Effect of using subsurface drip irrigation and ET-HS model to increase WUE in irrigation of some crops. Irrigation and Drainage, volume 56:447-486.
- Neelam, P. and Rajput, T.B.S. 2007. Effect of drip tape placement depth and irrigation level on yield of potato. Agricultural Water Management 88(2007) 209-223.
- Oassim, A. 2003. Subsurface Irrigation: A Situation Analysis. Institute of Sustainable Irrigated Agriculture(ISIA) at Tatura, Australia, for the International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage(IPTRID) January, 2003.
- Patel, N. and Rajput, T.B.S. 2007. Effect of drip tape placement depth and irrigation level on yield of potato. Agricultural Water Management. 88(2007) 209-223.
- Patel, N. and Rajput, T.B.S. 2008. Dynamic and modeling of soil water under subsurface drip irrigated onion. Agricultural Water Management. 95(2008) 1335-1349
- Payero, J.2002. Is subsurface drip irrigation right for your operation? University Nebraska, Institute of Agriculture and Natural Resources Cooperative Extension.
<http://cropwatch.unl.edu/archives/2002/crop02-8.htm>
- Payero, J., Yonts, D.C., Irmak, S. 2005. Advantages and Disadvantages of Subsurface Drip Irrigation. The Board of Regents of The University of Nebraska on behalf of the University of Nebraska-lincoln Extension. 2005.
- Rogers, D. and Lamm, R.F. 2009/a. Keys to Successful Adoption of SDI: Minimizing Problems and Ensuring Longevity. Proceeding of the 21st Annual plains Irrigation Conference, Colby Kansas, February 24-25, 2009. Kansas.
- Rogers, D. H. and Lamm, R.F. 2009/b. Criteria for successful adoption of SDI systems. In: Proc. Central Plains Irrigation Conference, Colby, KS., Feb. 21-22, 2006.Available from CPIA, 760 N.Thompson, Colby, KS. pp. 57-66.

Smajstrla, A.G. and Boman, B.J. 1999. Flushing Procedures for Microirrigation Systems. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Publucition: March,1999.