

SULAMA, DRENAJ ve TUZLULUK

Rıza Kanber¹, M. Ali Çullu², Berna Kendirli³
Saim Antepli⁴, Nazım Yılmaz⁵

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye’de sulama, drenaj ve tuzluluk ile ilgili mevcut durum, araştırma düzeyi ve sorunları, genel hatlarıyla, tartışılmıştır. Ekonomik ve sosyal sorunların çözümü için toprak ve su kaynaklarının akılcı biçimde kullanımı zorunludur. Ancak, Türkiye’de toprak ve su kaynaklarının kullanımı ile ilgili çok sayıda sorun bulunmaktadır. Sulanabilir nitelikteki arazilerin ancak %17.57 kadarı sulanmakta; yüzey su kaynaklarının %66.85’i, yeraltı suyu potansiyelinin ise %26.83’ü henüz kullanılmamaktadır. Sulanan alanların genişlememesi koşuluyla, şu andaki su miktarı yeterli gözükmemektedir. Ancak, yeni alanların sulamaya açılması durumunda, su kaynaklarının yetmeyeceği anlaşılmıştır. Yeni su kaynaklarının ve tuza dayanıklı yeni bitki çeşitlerinin bulunması gibi önlemlerin şimdiden alınması gerekmektedir.

Türkiye’de sulama bilimi ile ilgili araştırmalar, ülke gereksiniminden kaynaklanmamaktadır. Kamu araştırma kuruluşlarındaki personel politikaları yanlış ve yetersizdir. Politik ortamdan önemli ölçüde etkilenmektedir. Üniversitelerde ekonomik ve sosyal nedenlerle nitelikli araştırma asistanı bulmak, her gün daha da güçleşmektedir. Sulama araştırmaları, yalnızca kamu kuruluşlarının desteği ile yürütülmektedir. Araştırma sonuçları, uygulamaya aktarılamamaktadır. Öyleki, araştırma sonuçları, araştırmayı destekleyen kamu kuruluşlarınca bile yeterince kullanılmamaktadır.

Türkiye’de sulama proje alanlarında drenaj sorunu bulunmaktadır. Anılan sorun, yaklaşık 3 milyon hektara yakın alanda ortaya çıkmıştır. Konya, değinilen sorunun en fazla bulunduğu ildir. Drenaj sorununun asıl nedeni, sulama uygulamalarıdır. Bugün, Harran Ovası’nda 40 bin hektardan fazla alan, yüksek taban suyu sorunu ile karşı karşıyadır. Drenajla ilgili bilimsel çalışmalar, son yıllarda, yok denecek ölçüde azalmıştır. Daha önce, Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüleri’nde kimi proj alanlarında, drenaj ölçütlerinin belirlenmesi, mevcut sistemlerin çalışma performanslarının ölçülmesi gibi konularda çalışmalar yapılmıştır. Drenaj Araştırmaları Grubu’nun kapatılması ile birlikte, değinilen çalışmalar durmuştur. Üniversitelerde ise ödenek ve elaman eksikliği nedeniyle, yoğun emek isteyen, drenaj araştırmalarına girilememektedir.

Drenaj sorunu, beraberinde, tuzluluk-alkalilik gibi çevresel sorunları da getirmektedir. Türkiye’de, yaklaşık 1.5 milyon hektarda tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır. Bu, sulamaya uygun arazilerin yaklaşık % 32.5’ine denktir. Toprakların tuzlulaşma ve alkalileşmesini sulama, drenaj, toprak özellikleri, fizyografya ve iklim gibi etmenler önemli ölçüde etkilemektedir. Bu etmenlerin uygun olduğu Harran, Amik, Konya ve Aşağı Seyhan Ovalarında tuzluk sorunu bulunmaktadır.

¹Prof. Dr., Ç.Ü.Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana

²Prof. Dr., H. U. Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi Bölümü, Sanlıurfa

³Dr. A.U. Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara

⁴Zir. Yük. Müh., DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara

⁵Dr. Zir. Yük. Müh., Köy hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara

1. Giriş

Toprak ve su kaynakları ülkelerin en önemli doğal zenginlikleri arasında yer alır. Toplumların sosyo-ekonomik kalkınmalarında, söz konusu kaynakların geliştirilerek akılcı kullanımının büyük önemi bulunmaktadır. Su, canlılar için vazgeçilemez bir doğal kaynaktır; eksikliğinde bitkisel üretim, önemli ölçüde kısıtlanmaktadır.

Suyun en fazla kullanıcısı olan tarım, kültür bitkilerinin üretimleriyle ilgili işlevleri kapsar. Türkiye’de, sosyal ve ekonomik yönüyle, halkın yaşamında önemli rol oynamaktadır. Tarım, toplam milli gelirin %19'unu, dışsattımın %9'unu oluşturur. Tarımsal işlevlerle toplumun yaklaşık %51'ine iş olanağı sağlanmaktadır (Kılınçer ve ark., 2002).

Dünya nüfusunun artarak 2025 yılında 8 milyara ulaşacağını kestirilmesi, gıda güvenliğini dünyanın yakın gelecekteki en önemli sorunu olarak karşımıza çıkarmaktadır. Artan nüfusun beslenme gereksinimini karşılamak için, önümüzdeki 50 yıl içinde üretimde en az iki kat artış gerekmektedir (Howell ve ark., 2001). İnsanların temel gıda gereksinimlerinin güvenli biçimde karşılanması, öncelikle, tarımsal üretimin ve sulanan alanların artırılmasına bağlıdır. 2000’li yıllarda gıda gereksiniminin karşılanması için sulanan alanlarda % 1 düzeyinde seyreden artışın, yaklaşık % 2.25 düzeyinde olması gerektiği belirtilmektedir (FAO, 1988). Son yıllarda yapılan projeksiyonlara göre, 2050 yılında gıda, giyecek, barınak ve tatlı su gereksiniminin, bu güne göre, iki kat daha fazla olacağı rapor edilmiştir (Postel ve ark., 1996). Öte yandan, artan nüfusun beslenmesinin yanında gıda güvenliğinin sağlanması, günümüzde, üzerinde önemle durulan sorunlardan birisidir. Gıda güvenliği kavramı, insanlara yeterli miktarda ve sürekli gıdanın sağlanması şeklinde tanımlanmaktadır. Gıda güvenliğinin sağlanması, ekonomik kalkınma ve onunla bütünleşmiş çevre sorunlarının üstesinden gelinmesi ile ancak, başarılabilir (FAO, 2002). Yapılan kestirimlere göre, günümüzde gelişmekte olan ülkelerde yaklaşık 800 milyon insan açlık veya kötü beslenme tehlikesi altındadır. Bu alanlarda yaşayan insanların gıda güvenliği ile ilgili sorunlarının çözümü, kırsal alanlardaki su yönetimine bağlıdır (Rockström, 2003).

Bilindiği gibi, kurak ve yarı kurak iklimlerde, bitki gelişimini sınırlandıran en önemli etmen, kök bölgesinde bulunan yarayışlı suyun eksikliğidir (Falkenmark ve Rockström, 1993; Lal, 1991). Bu nedenle kurak ve yarı kurak alanlarda sulu tarım yapılması kaçınılmaz bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Sulanan alanların genişlemesi ve suyun etkin kullanımının, gelecekte, daha fazla gıda üretimine neden olacağı (Yudelma, 1994) ve anılan koşulun bir sonucu olarak, artan nüfustan dolayı, dünyada suya olan istemin de önemli ölçüde artacağı beklenmektedir.

Ancak, su kullanımındaki artış, çok önemli sorunlara neden olmaktadır. Örneğin, yer altı su kaynakları tükenmekte, diğer su ekosistemleri kirlenmekte ve bozulmakta; ayrıca sulu tarımda bir çok çevresel sorun ortaya çıkmaktadır. Öyleki, yenilenebilir bir doğal kaynak sayılan su, sınırlı alanlarda bu özelliğini kaybetmek gibi çok tehlikeli bir özellik kazanmaktadır. Açıklanan durumun bir sonucu olarak, yeni su kaynaklarının sağlanması ve geliştirilmesi, çok pahalı hatta olanaklı hale gelmektedir. Daha kötüsü, toplumun çoğunluğu, gelecekte, yeterli gıda üretiminde suyun engelleyici etmen olacağı konusu ile ilgilenmemektedir (IFPRI, 2004). Öte yandan, tarla içi sulamalarda ortaya çıkan çevresel sorunların başında, uygun olmayan sulama yönetimi altında ve zayıf drenaj ortamında fazla sulama yapılması halinde topraklarda görülen tuz birikimi gelmektedir (Ghassemi ve ark., 1995). FAO’nun kestirimlerine göre, sulanan alanların yaklaşık yarısı “sessiz düşman” olan tuzluluk, alkalilik ve yüzeyde göllenme tehdidi altındadır. Konu edinilen alanlarda tarım

yapılmakla birlikte, bu üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur. El-Ashry (1991), Rhoades (1987), Kayasseh ve Schenk (1989) yaptıkları değerlendirmede, sulanan 20-30 milyon hektar alanda tuzluluktan dolayı ürün veriminde önemli azalmalar olduğunu vurgulamışlardır. Bunun yanında yakın zamanlarda yapılan kestirime göre, 1980 yıllarında kabaca 30-46 milyon hektar sulanan alanda tuzluluktan dolayı verim düşüklüğü görüldüğünü belirtmiştir. İlerde değinileceği gibi, Türkiye’de de benzer durum söz konusudur. Sulanan alanlarda belli ölçülerde tuzluluk ve sodyumluluk sorunu bulunmaktadır.

Sekizinci beş yıllık kalkınma planında (DPT, 2001), tüm diğer planlarda olduğu gibi, su kaynaklarının kullanımının planlanması ve yönetimi konusunda ülke genelinde belirlenmiş kapsamlı bir politika bulunmadığı vurgulanmaktadır. Buradan giderek, hızlı nüfus artışı ve endüstriyel gelişmeler nedeniyle suya olan istemin artması, suyun nitelik ve niceliksel olarak kötüleşmesi, çevre kirlenmesi ve olası iklim değişiklikleri karşısında, su kaynaklarının doğru kullanımı ve yararlılığının "sürdürülebilir kalkınma" kavramı ile bağdaşır düzeyde sağlanması için, bir ulusal planlamaya gereksinim bulunmaktadır. Ulusal planlama ile su kaynaklarının geliştirilmesi ve doğru kullanımına ilişkin tüm kısıtlar, ortadan kaldırılabilir. Yeterli bir gözlem ağı geliştirilebilir, uygun olmayan teknolojilerin iyileştirilmesi sağlanabilir.

Bu bildiriye, Türkiye’de sulama, drenaj ve tuzlulukla ilgili sorunlar irdelenmiş, anılan konularda yapılan bilimsel çalışmalara değinilmiş, sorunların çözümü için öneriler sunulmaya çalışılmıştır. Bu arada, Türkiye’de su kaynakları potansiyeli, yeterlilik durumu kısaca gözden geçirilmiş, suyun sulamada kullanımı ile ilgili sorunlar, özellikle drenaj ve tuzluluk yönünden tartışılmıştır. Sulama ile drenaj gereksinimi ve tuzluluk sorunu arasındaki ilişki ortaya çıkarılmaya çalışılmış; tuzluluğun bölgesel temelde gelişimi ortaya koyularak, gelecekte ortaya çıkabilecek önemli çevresel sorunlara dikkat çekilmiştir.

2. Sulama

2.1. Toprak-Su Kaynakları ve Yeterlilik Durumu

(i) Toprak Kaynakları

Türkiye’nin izdüşüm alanı, 77.95 milyon hektardır. Bu alanın yaklaşık %36’sı tarım arazisi olarak kullanılmaktadır. Tarım arazilerinin %92’si (25.85 ha) sulanabilir niteliktedir. Toplam alanın %25’ini çayır ve mera (19.5 milyon ha), geri kalan %39’unu ise orman ve verimsiz sahalara (30.4 milyon ha) oluşturmaktadır (DSI, 1999a ve b).

Günümüz koşullarında toplam sulanabilir arazilerin yalnızca %32.88’i (8.5 Mha) ekonomik olarak sulanabilir niteliktedir. Ekonomik olarak sulanabilen arazilerin %46.56’sı (3.958 Mha) su beklemektedir. Öte yandan, sulamaya ayrılabilir su kaynakları potansiyeli ile sulanabilir alanların tümünü sulamak olası görülmemektedir. Mevcut su kaynakları potansiyeli ve halen uygulanan sulama teknolojileri ile ancak, 8.5 Mha alanın sulanabileceği hesaplanmaktadır. Bunun yanında, ilk aşamada sulanması düşünülebilecek %0-6 eğim grubu içerisinde yer alan 13 Mha dolayındaki sulanabilir alanların % 63’ünde yağmurlama ve damla gibi suyun daha etkin kullanıldığı sulama tekniklerinin uygulanması zorunlu hale gelmiştir. Ancak, sulamaya açılan alanların ancak %10’u anılan tekniklerle sulanmaktadır (Öztürk, 2004). Sulama teknolojisindeki gelişmeler dikkate alınacak olursa, çok daha geniş alanların suya kavuşturulması gerektiği açıktır. Eğer, uygulanan mevcut sulama teknolojileri geliştirilmezse, havzalar düzeyinde su iletimi yapılsa bile sulanabilecek toplam alan 8.5 milyon hektardır. Dolayısıyla, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşulların önemli ölçüde

değişmemesi durumunda, yeterli olan su potansiyelinin 2000 yılından sonra kısıtlı bir kaynak olacağı saptanmıştır (Kanber ve ark.,2004).

(ii) *Su Kaynakları*

Türkiye'de 26 su toplama havzası bulunmaktadır. Türkiye'nin yıllık ortalama yağışı 643 mm olup, hacimsel olarak bu değer 501 km³ suya denktir (Çizelge 1). Ülkemiz koşullarında yağışın %37'si akışa geçmektedir. Bu durumda, yağışın 274 km³'ü toprak-bitki-su yüzeyleri sisteminden buharlaşarak atmosfere geri dönmekte, 41 km³'ü yeraltı su depolarını beslemekte, 186.05 km³'ünün ise akarsular aracılığı ile deniz, göl ve kapalı havzalara boşalım için akışa geçtiği kabul edilmektedir (Kulga, 1994; DSİ, 1997).

Çizelge 1. Türkiye'nin Yeraltı ve Yerüstü Su Kaynakları Potansiyeli (DSİ, 1999b)

Yıllık ortalama yağış: 643.0 mm		Toplam yağış: 501.0 km ³	
Yüzey su potansiyeli, km ³		Yeraltı su potansiyeli, km ³	
Yıllık akış	186.05	Çekilebilir yıllık su potansiyeli	12.3
Yıllık akışın toplam yağışa oranı	0.37	Geliştirilen potansiyel	9.0
Kullanılabilir yüzey su potansiyeli	95.00	Fiili yıllık tüketim	6.0
Fiili yıllık tüketim	31.49		

1 km³ = 1 milyar m³

Bu potansiyelin 95 km³'ü ekonomik olarak geliştirilebilir niteliktedir (Kulga, 1994; Tekinel, 1999). Havza bazında yapılan çalışmalarla güvenle çekilebilecek yeraltı suyu potansiyelinin 12.3 km³ dolayında olduğu saptanmıştır (Kaya, 1994; DSİ, 1999b). Bu durumda, Türkiye'nin yıllık kullanılabilir yeraltı ve yerüstü su potansiyeli toplamı 107.3 km³'tür. Bu değer, yenilenebilir su potansiyelinin %45.85'ine denktir. Günümüze dek kullanılabilir potansiyelin sadece %37.74'ü geliştirilerek, kullanıma sunulmuştur.

Yüzey su kaynaklarının tümünü denetim altına almak için 662 adet baraja gereksinim bulunmaktadır. Bunun için büyük yatırımlara ve uzunca sürecek bir yapım periyoduna gerek olduğu açıktır. Değınilen barajlar aracılığı ile yüzey su kaynaklarının denetimi yanında 669382 ha alanın sulanması, 135 801 ha alanın drenajı, 636 794 ha alanda taşkın denetimi, 7726 km³ suyun kentsel alanlara iletimi, ve 121484 MKwh elektrik üretimi sağlanacaktır (DSİ, 1999a).

Türkiye su kaynaklarının tuzluluk incelemeleri, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Şimdiye değın, yaklaşık 69 adet nehirle ilgili sonuçlar elde edilmiştir. Sulama suyu tuzluluk değerlerine göre, nehirlerin % 85.5'i 0.7 dS/m'den düşük tuzluluğa, %13'ü 0.7-2.0 dS/m arasında ve %15'i de 2.0 dS/m'den büyük tuzluluğa sahip olduğu anlaşılmaktadır (Yurtseven, 1997).

Buna göre, Türkiye su kaynaklarının çok büyük bir bölümü, FAO su kalitesi sınıflandırma sistemine göre, tuzsuz olarak nitelendirilmektedir (Rhoades ve ark., 1992). Bir diğer deyişle bu kaynaklar, pek çok toprak ve bitki için kullanılabilirler. Buna karşın Ergene Nehri, Büyük Menderes Nehri, Banaz çayı, Porsuk çayı, Sakarya nehri, Karanlık dere, Asi

nehri ve Oltu suyu kaynakları, ikinci sınıf-az tuzlu gruba dahil olmaktadır. Kızılırmak nehri suyu ise 2.4 dS/m'lik yıllık ortalama tuzluluk değeri ile, nehir kaynaklarımızın en tuzlu suya sahip olanıdır ve üçüncü sınıf-orta tuzludur (Kendirli ve Benli, 2001). Ancak, genel olarak, Kızılırmak havzasında yer alan Kızılırmak nehri ve Karanlık dere dışında, nehirlerimizde çok büyük bir tuzluluk sorunu bulunmamaktadır. Bunların büyük bir çoğunluğunda gerek yıllık, gerekse mevsimlik bazda ortalama tuzluluklar 0.7 dS/m'in altındadır. Bu kalitedeki suların ise sulamada genelde sorunsuz olarak kullanılması olasıdır.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi, Türkiye'nin su kaynakları, toprak potansiyeline göre oldukça sınırlıdır. O nedenle su, sulanabilir alanların genişletilebilme olanağının bulunması karşısında, bitkisel üretimi sınırlayan en önemli etmen sayılmaktadır. Sorunun çözümü için, yukarıda da değinildiği gibi, ya havzalar arası su iletimi gibi çok pahalı yatırımlara gidilmeli; ya da atık su kullanımı özendirilmeli, sulama sistemlerinin işletilmesinde kısıntılı ve iklimin uygun olduğu yerlerde tamamlayıcı sulama teknikleri kullanılmalıdır; bunlarla ilgili araştırma ve planlamalar şimdiden yapılmalıdır.

(iii) Su kaynaklarının kullanımı

Yapılan hesaplamalara göre, 2000 yılının sonunda su kaynaklarının toplam kullanımı, DSİ başta olmak üzere kimi kuruluşlarca geliştirilen bir çok projede, 42.0 km³ dolaylarına ulaşmıştır (DPT, 2001). Su kaynaklarını en fazla kullanan alanlar ve miktarlar, Çizelge 2'de gösterilmiştir. Buna göre, sulamada 31.5 km³ (75%), kentsel kullanımda 6.4 km³ (15%), ve endüstride 4.1 km³ (10%) su kullanılmaktadır. 1998 yılında kullanılan toplam 38.9 km³ suyun 32.9 km³ si yüzey su kaynaklarından alınırken, 6 km³ yeraltı su kaynaklarından sağlanmıştır. Yerüstü su kaynaklarının alansal tüketimi farklıdır. Sulamada %82, kentsel kullanımda %10'u ve endüstride ise %8'i kullanılmaktadır. Değinilen alanlarda yeraltı su kaynaklarının kullanımı, sırasıyla, %39, %37 ve %24 dolaylarındadır.

Çizelge 2. Yıllara Göre Su Kaynaklarının Kullanım Durumu (DPT, 2001)

Yıl	Toplam Kullanım 10 ⁶ m ³	Su Potansiyeli (%)	Alanlara Göre Su Kullanımı, km ³					
			Sulama		Kentsel Tüketim		Endüstriyel Tüketim	
1990	30 600	28	22 016	72	5 141	17	3 443	11
1992	31 600	29	22 939	73	5 195	16	3 466	11
1998	38 900	35	29 200	75	5 700	15	4 000	10
2000	42 000	38	31 500	75	6 400	15	4 100	10

(iv) Gelişme Durumu

Türkiye'de 1998 yılında sulanan araziler ekonomik olarak sulanabilir toplam alanların %53.44'üne (4.542 Mha) ulaşmıştır. Sulanan alanların 4.010 Mha'ı yerüstü su kaynakları, 0.532 Mha'ı ise yeraltı su kaynakları ile sulanmaktadır (DSİ, 1998). Sulamaya açılan alanların 3.462 Mha'ı (%76.22'si) devlet tarafından geliştirilmiştir. Devlet tarafından işletmeye açılmış alanların 2.023 Mha'ı DSİ Genel Müdürlüğü, 1.439 Mha'ı ise KHGM tarafından gerçekleştirilmiştir. DSİ Genel Müdürlüğü tarafından sulamaya açılan alanların yıllara göre dağılımı Çizelge 3'te verilmistir.

Table 3: DSI Tarafından Sulamaya Açılan Alanların İşletme Durumuna Göre Dağılımı (1000 ha) (DSİ, 1999a)

Yıl	DSİ Tarafından İşletilen Net Alan	Sulayıcılarca İşletilen Net Alan	Toplam
1950	123	20	143
1960	185	31	215
1970	521	76	598
1980	755	245	1001
1990	1251	375	1626
2000	1266	422	1688
2030	Hedeflenen		5616

Türkiye Sulama Master Planı kapsamında, 1980-1993 döneminde, büyük sulama yatırımları yılda %14; kamu tarım sektörü yatırımları %5, konsolide bütçe yatırımları ise %4.5 artmıştır. Türkiye Sulama Master Planında, toplam 2.94 Mha alanı kapsayan 227 proje analiz edilmiştir. Bunlarda toplam 2.07 Mha alana hizmet veren 139 adet projenin beklenenin altında karlı olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak, sulama geliştirme hizmetleri, özel sektör, çiftçi veya çiftçi birlikleri, DSI ve KHGM gibi kamu kuruluşları tarafından devam ettirilmektedir (Çizelge 3).

2.2. Türkiye’de Sulamanın Tarihçesi

Anadolu, yukarı Mezopotamya ovalarını kapsadığından, sulamanın 5000 yıl önceden beri bilindiği kabul edilmektedir. Eski uygarlıklardan kalma pek çok su yapısı bugün Anadolu’nun bir çok yöresinde bulunmaktadır. Orta, Güney, Doğu ve Güneydoğu Anadolu’da Hititler (İÖ 2000), Urartu (İÖ 1000), Helenistik periyod, Roma, Bizans, Selçuk, ve Osmanlı İmparatorluğu dönemlerinde yapılmış çok sayıda su yapısı bulunmaktadır (Öziş, 1994). Anılan yapıların bir kısmı, bugün hala kullanılmaktadır. *Kehriz* (kanat) sistemleri, Şamran sulama kanalı, Toprakkale kenti yakınındaki iki baraj kalıntısı ile Tuşba (Vankale) kenti ve çevresinin sulanmasında kullanılan su yapıları Urartular’dan kalmıştır (Öziş, 1994). Anadolu’da Roma ve Bizans dönemlerine ilişkin sulama ve kullanma suyu getirilmesi ile ilgili su yapıları da bulunmaktadır. Bizanslar döneminde yapılmış, Kütahya-Çavdarhisar, Çorum-Örükaya, Niğde-Böğet barajları önemli su yapılarıdır. Yine, Gaziantep-Balaban bucağındaki sulama kanalı günümüzde de kullanılmaktadır. Modern anlamda ilk sulama ve drenaj projesi, Osmanlılar döneminde ise sulama amaçlı su yapıları, çok sınırlıdır. Daha çok şehir içme ve kullanma suyu getirilmesine dönük su kaynakları geliştirilmiştir. Bu amaçla bir çok baraj yapılmıştır. Sulama yatırımları içerisinde, Amasya-Semali dolgu barajı, Gaziantep ve Halep yöreleri için sulama suyu sağlamanın için kullanılan çevirme kanalı, Gediz nehrinin mansap ucunun değiştirilmesi, İstanbul yakınlarındaki Elmalı I barajı sayılabilir. İlk sulama şebekesi, Osmanlılar döneminde, 1908 yılında Konya-Çumra ovasında, Beyşehir gölü bağlaması ile gerçekleştirilmiştir.

Birinci Dünya Şavaşı’ndan sonra kurulan Cumhuriyet döneminde Kurtuluş Savaşı ile II. Dünya Savaşı arasındaki dönemde Çubuk I barajı yapılmış; Nazilli, Sarayköy, Seyhan, Berdan, Kazova sulamalarının temelleri atılmıştır. Sonraki yıllarda II. Dünya Savaşı’nın zorluklarına karşın anılan sulamalar kısmen hizmete sokulmuştur. Cumhuriyet’in ilk büyük sulama şebekesi 1943 yılında hizmete giren Nazilli sulaması olmuştur. Daha sonra 6200 sayılı

yasa ile 1954 yılında DSİ Genel Müdürlüğü'nün kurulması ile birlikte sulama yatırımlarına hız verilmiştir. DSI debisi 500L/s den büyük su kaynaklarının geliştirilmesi ile yükümlendirilmiş ve çok sayıda baraj, sulama sistemi, pompaj tesisleri, vd yapmıştır. Daha sonra 1960'lı yıllarda TOPRAKSU (şimdiki Köy Hizmetleri) Genel Müdürlüğü ve sonra Tarım Reformu Genel Müdürlüğü kurulmuştur. KHGM, 500 L/s den daha küçük su kaynaklarının geliştirilmesi, arazi ıslahı, toplulaştırma, drenaj ve tesviye gibi tarla içi geliştirme hizmetlerinden sorumlu tutulmuştur. Tarım Reformu Genel Müdürlüğü ise reform bölgesi olarak ilan edilen alanlarda, topraksız köylüleri topraklandırma ile görevlendirilmiştir. Türkiye'de planlı dönemde tarımsal yatırımların yaklaşık %58-80 kadarı toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesine harcanmıştır. 1963-80 arası dönemde devlet yatırım bütçesinin yaklaşık, %20-33'u arazi iyileştirme ve sulama yatırımlarına ayrılmıştır.

DSİ Genel Müdürlüğü'nün kurulması ile birlikte, su kaynaklarının geliştirilmesine daha fazla önem verilmiş; etüt çalışmaları genişletilmiştir. Aynı yıllarda Aşağı Seyhan Ovası Sulaması, daha sonra Sakarya üzerinde Sarıyar Barajı gibi önemli yatırımlar gerçekleştirilmiştir. Aynı dönemde Derme, Amasya ve Van sulama sistemleri hizmete girmiştir. Bunu izleyen yıllarda Demirköprü'den Keban'a değin bir çok baraj ve sulama şebekesi inşa edilerek, işletilmeye başlanmıştır. Tamamen yerli kaynak ve insan gücü ile gerçekleştirilen söz konusu yatırımlar içerisinde, Almus, Kesikköprü, Keban, Karakaya, Kıralkızı, Devegeçidi ve Atatürk barajları bitirilmiştir. Bunlar arasında Seyhan (110 bin hektar), Ahmetli ve Çumra (45'er bin hektar), Iğdır, Köprüçay ve Maraş (her biri 20-25'er bin hektar) en önemli sulama yatırımları sayılmaktadır. Sulama şebekelerinin devreye giriş hızı ile 1960'tan sonraki planlı dönemde yılda ortalama 20-40 bin hektarlık alan sulamaya açılmıştır (Tekinel ve ark., 1994). Son yıllarda ise Güney Doğu Anadolu Projesi (GAP) ile 2 milyon hektarlık bir alanın sulanması amaçlanmıştır. Değinilen proje içerisinde Fırat ve Dicle nehirleri üzerine bir seri baraj ve gölet yapımı planlanmış ve bunlardan bir kısmı yaşama geçirilmiştir. Urfa-Harran Ovası'nda yaklaşık 140 000 hektarlık bir alanın sulanması gerçekleştirilmiştir. Öte yandan, proje içerisinde bulunan diğer yatırımlar, örneğin, Adıyaman, Birecik, Kahta, Batman, İlisu, Cizre, Garzan barajları ile bunlara bağlı sulama şebekeleri, ya inşa halinde ya da yapımları için gerekli hazırlıklar son aşamasına gelmiştir (DSİ, 1980).

Dünyada olduğu gibi, Türkiye'de de devlet sulama şebekelerinin işletme-bakım sorunlarının çözümü, anılan kuruluşların "Sulama Birliklerine" devredilmeleri ile çözümlenmeye çalışılmıştır. Sulama sistemlerinin işletmelerinin Katımcı Sulama Birliklere devri, Türkiye'de beklenilmeyen ölçüde başarılı olmuştur. Kısa sürede, önemli boyutlarda devir işlemi gerçekleşmiş ve bu durum, Asya, Afrika, Amerika ve kimi Uzak Doğu ülkeleri için model oluşturmuştur. Sorun şimdilik, çözümlenmiş gibi gözükmektedir. Ancak, politik çıkar grupları konu edinilen alana girmeye ve kararlarında etkin olmaya çalışmaktadır. Tüm diğer konularda olduğu gibi, bu alanda da, politik grupların etkin olmaları, gelecekte istenmeyen sorunların ortaya çıkmasına neden olacağı, düşünülmektedir.

2.3. Sulanır Alanlar, Sulama Yöntemleri ve Kimi Sulama Sonuçları

(i) Sulanan Alanlar

Türkiye'de tarım alanları yeraltı suları (%37.55), akar sular (%28.64) veya barajdan alınan (%15.87) sularla sulanmaktadır. Ege, Akdeniz ve Güney-Doğu Anadolu gibi tarımsal bölgeler, Türkiye'de su kaynaklarının gösterdiği benzer dağılımı sergilemektedir. Ancak, yalnızca, Orta-Güney Bölge'de sulu tarım yeraltı suları (%74.24) ile yapılmaktadır. Ege Bölgesi'nde yeraltı suları (%38.74) veya akar sular (%29.28) kullanılmaktadır. Akdeniz

Bölgesi'nde ise, özellikle akar sular (%37.97) ve yeraltı suları (%26.63); Güneydoğu'da ise daha çok akar sular (%36.68) ve kaynak suları (%32.97) ile araziler sulanmaktadır. Orta-Güney Bölgelerinde kuyu suları (%58.44) daha yoğun olarak kullanılmaktadır.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından sulamaya açılan alanlar, bölgeden bölgeye değişmektedir. Akdeniz, Ege ve Orta Anadolu Bölgeleri, diğer bölgelere göre, en fazla sulanan alana sahiptirler. Çizelge 4'de bölgelere göre sulanan alanlar verilmiştir.

Çizelge 4. D.S.İ Tarafından Sulamaya Açılan Alanlar (DSİ, 1999a)

Bölgeler	Sulanan alanlar (ha)	%
Marmara	199 195	8.5
Ege	401 501	17.2
Akdeniz	540 912	23.1
Güney-Doğu	189 368	8.1
Doğu Anadolu	308 346	13.1
Kara deniz	153 471	6.6
Orta Anadolu	547 404	23.4
Toplam	2 340 197	100.0

(ii) Sulama Yöntemleri

Türkiye'de DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yapılan sulama şebekelerinin çok büyük bir bölümü (%95.93), yüzey sulama yöntemlerine göre planlanmış, inşa edilmiş ve işletilmektedir. Geri kalan %3.38 kadarı yağmurlama ve %1 ise damla yöntemleri ile sulanmaktadır. Bunların yanında, DSİ Genel Müdürlüğü kuruluş planlamasına göre, I, XI and XII. Bölgelerde yüzey sulamanın yanında, sırasıyla, %61.82, %14.46 ve %11.47 oranlarında yağmurlama yöntemi kullanılmaktadır. VI. bölgede ise arazilerin bir kısmı (%47.13) damla yöntemiyle sulanmaktadır. Geri kalan bölgelerin tümünde yalnızca, yüzey sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Sulama Birliklerine devredilen sistemlerde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu sistemlerin hizmet ettiği alanların, %92.09'u yüzey, %7.03'u yağmurlama, ve geri kalan %0.88 kadarı ise damla yöntemleri ile sulanmaktadır.

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan sulama sistemleri, en fazla yüzey ve kısmen yağmurlama yöntemlerine göre planlanıp inşa edilmekte ve işletilmektedir. Son yöntem, daha çok, özel koşullara sahip alanların, örneğin, sulama suyunun yeraltı kaynaklarından derin kuyular aracılığıyla alındığı, sulanmasında kullanılmaktadır.

(iii) Kimi Önemli Bitkilere İlişkin Sulama Sonuçları

Bilindiği gibi, Türkiye'de çok sayıda farklı bitki değişik bölgelerde yetişebilmektedir. Sulama, Türkiye'de ürün yetiştirme döneminde yağış eksikliği ve güvenilirliğinin azlığı nedeniyle, tarımsal üretimin artması ve kararlılığı için yaşamsal öneme sahiptir. Sulama bilimi ile ilgili ilk çalışmalar, 1940'lı yıllarda, Ziraat Fakülteleri ile TOPRAKSU Araştırma Enstitüleri'nde (eski Sulu Ziraat Araştırma Enstitüleri, şimdi Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüleri) başlamıştır. Konu edinilen çalışmaların çok büyük bir bölümü, çeşitli kamu kuruluşları tarafından, desteklenmiştir.

Son 15-20 yılda tamamlanarak yayınlanan 348 araştırma sonucu derlenerek değerlendirilmiş ve arşivlenmiştir (Kanber ve Ünlü, 2003). Çizelge 5’de görüldüğü gibi, çalışmaların çoğu (%78) sulama yönetimi konularında yapılmıştır. Bu durum, Anadolu gibi, yarı kurak ve kurak alanlar için doğal karşılanmalıdır. Değinen çalışmaların %56’sını (toplamın %42’si) tam ve eksik sulama koşullarında yapılan denemeler, %23’ünü (toplamın %18’i) ise bitki-atmosfer ilişkilerine değgin araştırmalar oluşturmaktadır.

Çizelge 5. Türkiye’de Sulama ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Çalışma Alanı*	Sonuçlanmış Araştırma Projeleri	Devam Eden araştırma Projeleri	Tamamlanmış Tezler	Devam Eden Tezler	Toplam
SY	245	11	15	1	272
a-T-KS	136	6	3		145
b-SF	54	2	7	1	64
c-BA	55	3	5		63
SS	70	3	2	1	76
a-YSS	15		1		16
b-BSS	36	2	2	1	46
c- KSS	19	1	2		24
Toplam	315	14	17	2	348

*SY, Sulama yönetimi (Bitki sulama programları); T-KS, Tam ve kısıntılı sulama koşulları; SF, Sulama ve fertigation; BA, Bitki-atmosfer ilişkileri; SS, Sulama sistemleri; YSS, Yüzey sulama sistemleri, and BSS, Basınçlı sulama sistemleri (Damla –gömlü ve yüzeye serili- sistemler, yağmurlama ve poroz borularla alttan sulama), ve KSS ise karışık sulama sistemleri.

Sulama sistemlerine ilişkin çalışmalar, beklenildiği ölçüde, çok sayıda değildir. Toplam çalışmaların ancak, %22’si anılan konuları kapsamaktadır. Bunun %60’ını ise basınçlı sistemlere ilişkin araştırmalar oluşturmuştur. Yüzey sulamalarla ilgili çalışmaların az sayıda oluşu, sulama yönetimi ile ilgili araştırmalarda genellikle anılan yöntemlerin kullanılmasından kaynaklanmıştır. Farklı bölgelerde uzun yıllar süren sulama araştırmalarından elde edilen kimi sonuçlar, “Sulama Rehberleri” aracılığıyla üretici ve uygulayıcıların kullanımına sunulmuştur. Bugün elimizde, özellikle, Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüleri tarafından hemen her bölge için hazırlanmış sulama rehberleri bulunmaktadır. Değinen sulama rehberlerinde bölgesel olarak, bazı önemli kültür bitkilerinin su tüketim değeri de verilmektedir. Bunların önemlice bir kısmı, “Su Bütçesi” yöntemiyle elde edilmiştir. Anılan su tüketim değeri, kabul edilebilir sulama programlarının hazırlanıp uygulanmasında kullanılmaktadır. Rehberlerden derlenen kimi önemli bitkilere ilişkin su tüketim değeri Çizelge 6’da verilmistir.

Çizelge 6’da verilen değeri, dünyada benzer iklim bölgelerinde elde edilen değeri önemli ölçüde yüksektir. Bu durumun, bitki su tüketiminin ölçümünde kullanılan yöntem ve uygulanan sulama programlarından kaynaklandığı söylenebilir. Rehberlerde ayrıca, tarla sulama sistemlerinin planlamasında kullanılan kimi ölçütler, örneğın, karık ve border boyları, birim akış miktarları, infiltrasyon sonuçları, vd her toprak grubu ve bitki için ayrı ayrı verilmiştir. Suyun etkin kullanımı için gerekli olan tüm bilgilerin verilmiş olmasına karşın, konu edinilen sulama rehberlerinin yaygın biçimde kullanıldığını söylemek, şu an için, olanaklı değildir.

Çizelge 6. Kimi Ana Ürünlerin Su Tüketim Değerleri (mm) (Kanber, 1982)

Bitki	Marmara	Ege	Akdeniz	Orta Anadolu	Doğu Anadolu	Karadeniz	Güney-Doğu
Sebze	560-620	400-800	500-800				490-560
Meyve (Y.D)	580-680			650-980			
Zeytin	550-620	620					
Ayçiçeği	400-520						
Pamuk		570-800	630-1000				1100-1300
Mısır			760-900			700-800	
Narenciye		780-890	900-950				
Buğday		570-630	490-600	450-700	400-530		360-730
Patates				560-840	530-930		
Sekerpancarı				830-1330	630-1000	870-1130	
A. Fıstığı							320-600
Üzüm		720-820					

Suyun etkin kullanımında temel sayılan kimi araştırma sonuçları, bazı ana bitkiler için elde edilmiş ve bilimsel dergilerde veya araştırma sonuç raporlarında yayınlanmıştır. Özellikle kısıntılı sulama uygulamalarına ilişkin, gelecekte su eksikliğine karşı Türkiye ve Dünyada uygulanabilir yaklaşımların başında sayılması nedeniyle, pamuk, buğday, mısır ve soya gibi kimi önemli bitkiler için elde edilen sonuçlar, özetlenerek, sunulmuştur

Pamuk: Kısıntılı sulama koşullarında ilk çalışmalardan birisi, Çukurova'da Tekinel ve Kanber (1979) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar, %30 dolaylarında yapılacak bir kısıntının verimde istatistiksel anlamda önemli düşmelere neden olmayacağını göstermişlerdir. Daha sonra, Baştuğ (1987) ve Eylen ve ark. (1994) pamuk bitkisinde kütlü verimi üzerine, farklı gelişme dönemlerinde ve tüm yetiştirme mevsimi boyunca oluşturulan su kısıntısının etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda, oransal ET azalışına karşı oransal verim eksilişini gösteren verim tepki etmenleri (K_y), hesaplanmıştır. Buna göre, Çukurova koşullarında mevsimlik $K_y=0.99$ ve dönemselsel (Çiçeklenme-ürün oluşumu dönemi) $K_y=0.76$ olarak kestirilmiştir

Benzer şekilde, Kanber ve ark. (1991 ve 1993), atlamalı sulama tekniği ve farklı derinliklerin ıslatılması gibi, farklı yaklaşımlar kullanarak pamuk bitkisi için K_y değerleri elde etmişlerdir. Ancak, ulaşılan değerler, Eylen ve ark. (1994)'de olduğu gibi daha düşüktür. Konu ile ilgili ayrıntılı bilgiler Kanber ve Ünlü (2003)'te bulunabilir.

Yavuz (1993), pamuk üretim fonksiyonlarını, farklı sulama yöntemleri kullanarak elde etmeye çalışmıştır. Araştırmada, karık, damla, ve yağmurlama yöntemleri kullanılmıştır. Herbir yöntem, farklı işletim biçimlerini içeren alt konulardan oluşturulmuştur.

Pamuk veriminin su kısıntısına karşı gösterdiği tepkiler, Harran koşullarında da test edilmiş ve K_y değerinin 1.2 dolaylarında olduğu saptanmıştır (Kanber ve ark., 1991). Anılan değer, tüm Türkiye'de hesaplanan en yüksek değerdir ve suyun Harran yöresi için en önemli kısıtlayıcı etmen olduğunu göstermektedir.

Buğday: İlk çalışmalar, belli bir bölge için optimum sulama sayısının eldesi amacıyla yapılmıştır. Örneğin, Orta Anadolu'da, Konya, Eskişehir, Ankara ve Isparta'da çok sayıda çalışma tamamlanmış ve buğdayın 2-4 kez sulanması gerektiği; ilk suyun ekimden önce veya hemen sonra, Ekim ayında verilmesi gerektiği; diğer sulamaların ise bahar aylarında, özellikle,

ya kardeşlenme, çiçeklenme, sapa kalkma ya da süt olum dönemlerinde uygulanması önerilmiştir (Oylukan, 1970a, 1972a; Madanoğlu, 1977). Benzer sonuçlar, Güngör ve Öğretir (1980), Aran ve Kıvanç (1989), Uzunoğlu (1992), Çetin (1993) tarafından aynı bölgede daha sonra yapılan çalışmalarda da elde edilmiştir (Çizelge 7).

Buğday sulamasıyla ilgili çalışmalar, Türkiye’de diğer bölgelerde de yapılmıştır. Örneğin, Tokat gibi geçiş bölgelerinde (Günbatılı, 1980); Urfa gibi Güney doğu Anadolu’nun kurak bölgelerinde (Karaata, 1987); Erzurum gibi dağlık yüksek alanlarda (Sevim 1988); ve Türkiye’nin Avrupa yakasında, Trakya’da (Yakan ve Kanburoğlu, 1992) yapılan çok sayıda çalışma vardır.

Çizelge 7. Farklı Bölgelerde Sulama Programlarının Buğday Verimine Etkileri

Kaynak	Sulama Programları ^a					IR ^b mm	ET ^c mm	Verim kg/ha	Susuz Konuya göre Fark
	1	2	3	4	5				
Madanoğlu (1977); Ankara	X	X	X		X	228	690	4160	+1730
Günbatılı (1980); Tokat			X		X	253	616	3740	+390
Karaata (1987); Urfa		X	X		X	440	728	5070	+2600
Sevim (1988); Erzurum	X	X		X		238	398	5860	+2080
Yakan and Kanburoğlu (1992); Trakya	X	X			X	356	786	5390	+1400

^a 1. Ekim öncesi, 2. Sapa kalkma, 3. Başak çıkarma, 4. Çiçeklenme, 5. Süt olum dönemi; ^b Sulama suyu; ^c Su tüketimi

Çizelge 7’de verilen değerler kullanılarak, buğday için verim tepki etmenleri hesaplanmıştır. Buğday su tüketimi, toprak, iklim koşulları, sulama programı ve kullanılan çeşide bağlı olarak bölgeden bölgeye değişmiştir. ET ve verim farklılıklarının sonucu olarak, her bölge için farklı Ky değerleri elde edilmiştir. En düşük Ky değeri, buğdayın yetişme döneminde kısmen yüksek ve türdeş dağılımlı yağış alan Tokat yöresi için hesaplanmıştır. Bu durum, anılan yörede buğdayın sulamaya karşı fazla duyarlı olmadığını göstermektedir. Buna karşı, yıllık yağışın çok düşük olduğu Urfa yöresinde en yüksek Ky değeri elde edilmiştir. Buradan, buğday ET değerinde meydana gelen bir azalmanın, verimde çok önemli düşümlere neden olabileceği anlaşılmaktadır.

Mısır: Konu edinilen bitki ile ilgili araştırmalar en erken, 1950’li yıllara dek gider. Başlangıçta, çalışmalar, yüksek verim için bitkinin su tüketiminin ve uygun sulama sayılarının bulunması konularına yoğunlaşmıştır (Ayyıldız, 1959; Oylukan, 1972b). Daha sonra ele alınan çalışmalarda, bitkinin kısıntılı sulama koşullarında su eksikliğine karşı en az duyarlı olduğu dönemlerin ve atlamalı sulamalara karşı gösterdiği tepkinin anlaşılması, amaçlanmıştır (Oylukan ve Güngör, 1976; Günbatılı, 1979; Bayrak, 1979; Uzunoğlu, 1991).

Çizelge 8, Türkiye’nin farklı iklim bölgelerinde mısır sulamasıyla ilgili olarak yapılmış çalışma sonuçlarını göstermektedir. Çalışmalardan, mısır bitkisinin ilk çiçeklenme (püskül çıkarma) döneminin su eksikliğine karşı çok duyarlı olduğu, söylenebilir. Örneğin, yağışın tüm yıl boyunca türdeş dağıldığı, Karadeniz Bölgesi kıyı kesiminde, Samsun’da, mısır eğer püsküllenme döneminde sulanırsa daha yüksek ürün vermektedir.

Çizelge 8. Türkiye'nin Farklı Bölgelerinde Kısıntılı Sulama Koşullarında Mısır Bitkisine İlişkin Yapılan Kimi Çalışma Sonuçları

Sulama Programı ^a					Bölge ve Çeşit	Kaynak	Sulama Sayısı	Verim kg/ha	IR ^b mm	ET ^c mm
1	2	3	4	5						
X		X	X	X	Eskişehir (Diker)	Oylukan ve Güngör, 1976	4	5640	400	724
X		X		X	Tokat (Diker)	Günbatılı, 1979	3	7380	386	637
		X		X	Samsun (1/73 komposit)	Bayrak, 1979	2	7360	420	673
	X	X	X	X	Ankara (XL-72AA)	Uzunoğlu, 1991	4	8590	615	809

^a Sulamalar, 1 bitki boyu 40-50 cm iken; 2. kök bölgesindeki eksik nem tamamlanarak; 3. Püskül döneminde ; 4. Ürün bağlama; ve 5. Elverişli kapasitenin %45 düzeyinde yapılmaktadır. ^b Sulama suyu; ^c Su tüketimi.

Mısır, Akdeniz Bölgesi'nde buğdaydan sonra ikinci ürün olarak yaygın biçimde yetiştirilmektedir. Kanber ve ark. (1990) ikinci ürün mısırın kısıntılı sulama koşullarında gösterdiği tepkiyi araştırmışlardır. Sulama programları bitkinin ana gelişme dönemlerine, vegetatif, püskül çıkarma ve ürün bağlama, göre düzenlenmiş ve ayrıca her bir ana dönem alt dönemlere bölünmüştür. Çalışma sonucuna göre, verimde azalmaya neden olmadan, önemli ölçüde su artırımını sağlanabildiği anlaşılmıştır. Örneğin, püsküllenme ve ürün bağlama dönemlerinin başlangıçlarında yapılan yalnızca iki erken sulamayla 3 sulamaya göre, aynı veya daha yüksek ürün (4510 kg/ha) alınabilmekte ve %25-34 arasında su artırımını sağlanmaktadır.

Soya: Türkiye'deki çalışmalar, soyanın sulama programlarını oluşturmak ve verim fonksiyonlarının elde etmek için 15 yıl önce başlatılmıştır. Tarsus koşullarında bitkinin buğdaydan sonra ekilip ve 90 cm toprak derinliğindeki elverişli suyun %45 düzeyinde sulandığında yüksek ürün verdiği, Derviş ve Özer (1987) tarafından rapor edilmiştir. Ayrıca, bitkinin tüm mevsim boyunca 10-12 günde bir 70-80 mm sulama suyu verilerek 5 kez sulanmasının yeterli olduğu belirtilmiştir. Buna karşı, Kara Deniz Bölgesi'nde soya sulamasının bitkinin gelişme dönemlerine göre düzenlenmesi önerilmiştir (Bayrak (1989). Buna göre, ilk sulama, çiçeklenme döneminin sonunda veya bakla oluşma döneminde yapılmalı, sonraki sulamalar için ise kök bölgesi nem düzeyi izlenmelidir. Araştırma sonuçları, ilk sulamanın ekimden iki ay sonra, diğer sulamaların 16 gün ara ile yapılması durumunda toplam üç sulamanın yeterli olacağını göstermiştir. Çizgi kaynaklı yağmurlama sulama tekniğini kullanarak soya bitkisini tam ve kısıntılı sulama koşullarında sulanması ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır (Kırda ve ark., 1999). Buna göre, soyanın su eksikliğine karşı, kapsül oluşumu ve ürün bağlama döneminde daha duyarlı olduğu belirlenmiştir.

Konu edinilen bitkilere ilişkin verim tepki etmenleri, toplu olarak, Çizelge 9'da verilmiştir. Aslında, Türkiye'de değinilen konuda çok sayıda bitkiye ilişkin veri bulunmaktadır. Bunlar, Köy Hizmetleri Araştırma Enstitülerinin yayınlarda, Ziraat Fakültelerinde yapılan tez çalışmalarında ve sonbuçların yayımlandığı dergilerde bulunabilir (Kırda ve ark., 1999; Kanber ve Ünlü, 2003). Burada yalnızca, dikkate alınan dört bitkiye ilişkin sonuçlar, daha çok, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi'nde yapılan çalışmalar dikkate alınarak verilmiştir.

Çizelge 9. Kimi Ana Bitkiler için Deneysel Verim Tepki Etmenleri (Ky)

Bitki	Ky Değerleri ve Dönem/Yöntem	Yöre	Kaynak
Pamuk	0.76 (Çiçeklenme-Ürün Bağlama)	Çukurova	Baştuğ, 1987

	0.99 (Mevsimlik) 0.93 (Karık) 0.86 (Damla) 0.72 (Yağmurlama) 1.22 (Mevsimlik)	Çukurova Harran	Yavuz, 1993 Kanber ve ark., 1991
Buğday	0.10 (Mevsimlik) 0.32 (Mevsimlik) 0.76 (Mevsimlik) 0.87 (Mevsimlik)	Tokat Erzurum Ankara Şanlıurfa	Günbatılı, 1980 Sevim, 1988 Madanoğlu, 1977 Karaata, 1987
Mısır	0.98 (Mevsimlik)	Tarsus	Kanber ve ark., 1990
Soya	0.58 (Vegetatif) 1.76 (kapsül gelişme ve dolun) 1.13 (Çiçeklenme)	Adana	Kırda ve ark., 1999

(iv) *Kötü Nitelikli Suların (atık veya tuzlu) Sulamada Kullanılması*

Türkiye`de son yıllarda, kentsel atık suların ve tuzlu suların tarımda kullanılması ile ilgili kimi ölçütlerin eldesi için yaygın biçimde çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda, bitkisel verimin, tuzluluktan etkilenmeye başladığı eşik değerin ve tuzlu suyun kimi bitkisel niteliklere olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Sulama suyunun kısıtlı olduğu yerlerde, sulama için gerekli niteliklere sahip atıksuların tekrar kullanımı önerilmektedir (Çakmak ve Kendirli, 2001). Ancak, atık sular çeşitli inorganik maddeleri ve patojenleri bulundurduğu için bitki yetiştiriciliği ve çevre sağlığı açısından önemli bir risk taşır. Bu nedenle atık suların sulamada kullanılmasında verimi ve çevreyi koruyacak önlemlerin alınması gerekir. Konu edinilen önlemler veya atıksuların sulamada tekrar kullanım ölçütleri, “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” ile belirlenmektedir (Anonim, 1991).

Türkiye`de ayrıntılı biçimde hazırlanmış standartlara karşın, birkaç küçük sanayi ve GAP`ta bir pilot proje dışında, sulamada, atıksu yaygın olarak, kullanılmamaktadır. Bu durum, sulanır alanlar için yeterli miktarda sulama suyu sağlanmasından veya sulama alanları henüz su kaynakları bakımından sınır değerlere ulaşmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Başka bir deyişle üretici hala yeterli miktarda sulama suyu bulabilmektedir. Sulama amacıyla atıksuların tekrar kullanım olanaklarına ilişkin araştırmalar devam etmektedir (Sarıkaya, 1994). Dokuz Eylül Üniversitesinde Menemen ovalarını sulamak için Çiğli Arıtma fabrikasında arıtılan şehir atıksularının kullanımı ile ilgili bir çalışma yürütülmektedir. Ayrıca GAP`ta drenaj sularının tekrar kullanımı ve şehir atıksularının kullanımı üzerine iki araştırma yapılmaktadır (Altınbilek ve Akçakoca, 1997).

Tuzlu suların kullanımı ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Farklı düzeylerde deriştirilmiş tuzlu suların kullanıldığı çalışmalarda, yüzey ve basınçlı sulama sistemlerinden yararlanılmaktadır. Yüzey sulama sistemlerinde farklı miktarlarda ve değişik tuzluluk düzeylerindeki sulama suyu doğrudan deneme parsellerine uygulanmaktadır (Sönmez ve Yurtseven, 1995). Basınçlı sistemlerin kullanıldığı çalışmalarda ise, yöntemin kendi özelliklerinden yararlanılarak farklı su ve tuz düzeyleri yaratılmaktadır. Çizgisel kaynaklı yağmurlama sistemi ile farklı damlatıcı aralıklarının kullanıldığı damla sistemleri örnek verilebilir (Bahçeci, 1995; Ödemiş, 2001).

Çizgisel kaynaklı yağmurlama sistemini kullanarak tarla fasulyesinde verim, tuz ve su düzeyleri ilişkilerinin araştırılan Bahçeci (1995), çamur süzümü tuzluluğu ile dane verimi arasında $Yr=100-32.15 (ECe-0.81)$ ile gösterilen bir ilişkinin olduğunu belirtmiştir. Verimin,

$EC_e=0.81 \text{ dSm}^{-1}$ tuzluluk düzeyinde azalmaya başladığı ve 4.0 dSm^{-1} de ise hiç ürün alınmadığı saptanmıştır. Ödemiş (2001), benzer tekniği kullanarak su, tuz, yıkama oranı verim ilişkileri ile kuru madde miktarlarına bağlı olarak pamuk bitkisinin tuza dayanım düzeyini saptamaya çalışmıştır. Üç farklı gelişme döneminde farklı su ve tuz düzeyleri uygulanmış ve farklı yıkama oranları elde edilmiştir. Sonuçta, sulama suyu tuzluluk düzeyi arttıkça bitki su tüketimi ve kütlü miktarının azaldığı saptanmıştır. Toprakta oluşan tuz yığılmasının sulamalar ve özellikle kış yağışlarıyla yıkandığı belirlenmiştir. Oldukça kapsamlı olan çalışmada, ayrıca, yıkama oranlarının artması ile topraktan arındırılan tuz miktarlarının azaldığı vurgulanmıştır.

Ankara koşullarında, özellikle sebze sulamalarında, tuzlu su kullanımı ile ilgili ilkelerin saptanması konusunda yoğun çalışmalar yapılmıştır. Sönmez ve Yurtseven (1995), tarla parsellerinde, sulama suyu tuzluluğu ve sodyumluluğunun domates bitkisinin çimlenme, fide gelişimi ve meyve verimi üzerine olan etkilerini incelenmişlerdir. Benzer çalışma, plastik kablolar kullanılarak açık alanda yapılmıştır (Yurtseven ve ark., 1999a). Değişik tuzluluk düzeylerindeki sulama sularının biber bitkisinin farklı gelişme dönemlerinde bazı verim ölçütleri üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla yapılan bir başka çalışma, serada saksı denemeleri şeklinde yürütülmüştür (Yurtseven ve ark., 1996). Bir başka çalışma marul bitkisi kullanılarak yapılmıştır (Yurtseven ve Bozkurt, 1997). Çalışmada, sulama suyu tuzluluğu ve sodyumluluğunun marul verimi ve kalitesi üzerine olan etkileri incelenmiştir. Deneme, serada koşullarında, saksılarda ve farklı toprak nem içeriklerinde yapılmıştır. Saksılar periyodik olarak tartılarak nem düzeyleri izlenmiştir. Tuzlulukların oluşturulmasında NaHCO_3 , MgSO_4 ve CaCl_2 tuzları kullanılmıştır. Benzer şekilde, bu kez, brokoli bitkisi ele alınmış ve farklı su ve tuz düzeyleri sera koşullarında test edilmiştir (Yurtseven ve Baran, 2000). Birbirinin devamı niteliğindeki çalışmalar, hem farklı tuz ve su düzeyleri hem de farklı Ca/Mg oranlarını da kapsayacak şekilde turp (Yurtseven ve ark., 1999b); farklı tuz düzeyleri yanında, tuz kaynaklarını da dikkate alacak biçimde kolza bitkilerinde yapılmıştır (Yurtseven ve ark., 2001a ve b).

Araştırma sonuçlarına göre, sulama suyu tuzluluğu, ele alınan bitkilerin hemen hepsinde verim ve kaliteyi azaltıcı etki yapmıştır. Bitkilerin tuza dayanımları aynı olmayıp, sebze gibi bazı kültür bitkilerinin tuza daha duyarlı oldukları bir kez daha doğrulanmıştır. Su kaynaklarımızın zaman boyutunda değişik nedenlerden ötürü sürekli olarak daha tuzlu hale geldiklerini düşünürsek, gereksinilen verim artışının ve üretim değerinin sağlanmasında bundan sonra daha düşük kaliteli suları kullanma zorunluluğumuz ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle kültür bitkilerinin tuzluluğa karşı verim ve kalitelerinin ve su kullanım özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada ele alınan kültür bitkilerinin tümü de tuzluluğa karşı, deneysel koşulları içerisinde, tepki vermişlerdir. Bu bitkilerin tümünde sulama suyu tuzluluğunun artışı ile verim azalmaları oluşmuştur.

2.4. Sulama Sorunları ve Çözüm Önerileri

Sulama ile ilgili sorunlar, su kaynaklarının geliştirme projelerinde ortaya çıkan sorunlar diye genellenerek, tanımlanabilir. Bunlar, su kaynaklarının geliştirilmesinden başlayarak, suyun tarla düzeyinde kullanılmasına dek birbirini izleyen aşamalarda ortaya çıkmaktadır. O nedenle sulama sorunlarının irdelenmesi, gerçekleştirilen projenin ekonomik ömrü boyunca, davranışının ve çevresel etkilerinin izlenmesine dek pek çok aşamayı ve çok uzun bir süreci içerir (Sezginer ve Güner 1994). Finansman yetersizliği gözardı edildiğinde Türkiye’de su kaynaklarının geliştirilmesine ilişkin sorunlar, genelde üç alt başlık altında toplanabilir:

Birinci gruba girenler daha çok ekonomik kökenlidir. Planlama ve uygulama için gerekli olan parasal kaynakların bulunmasına bağlı olarak ortadan kaldırılabilmektedirler. Ancak son yıllarda devlet kısıt bütçe olanakları nedeniyle yeterli kaynağı ayıramamaktadır. Gelecek yıllarda büyük yatırımların yapılması beklenmemektedir. İkinci grup ise uygulama sırasında (planlama ve yapım dahil) ortaya çıkan, bazen beklenen ancak, çoğu kez beklenmeyen nitelikteki sorunlardır. Kökeninde önceliklerin iyi seçilememesi, yanlış planlama, yapım sırasında meydana gelen hatalar, yanlış işletim tekniklerinin kullanılması, tutarsız politik-ekonomik ve sosyal yaklaşımlar, üreticilerin sulama bilgisi azlığı veya yanlış yönlendirmeleri gibi etmenler bulunmaktadır.

(i) Doğal Kaynakların Yeterince Kullanılmaması

- Türkiye’de sulanabilir nitelikteki toplam arazilerin tümü hala sulanamamaktadır. Son yıllarda uygulanan yanlış politikalarla sulanabilir nitelikteki araziler, bir miktar artırılarak 28.06 Mha’ya çıkarılmıştır. Bir bakıma tarıma uygun olmayan araziler kültüre alınmıştır. Ekonomik ve teknik olarak sulanabilir arazilerin (8.5 Mha) ancak, %53.44’ü (toplam sulanabilir alanların %17.57’si) sulanmakta; geri kalan %46.56’sı su beklenmektedir. Ancak yeni geliştirilen sulama teknikleri dikkate alındığında Türkiye’nin ekonomik olarak sulanabilir alanları, 8.5 Mha değil doğrudan 25.85 Mha’dır. Örneğin, toprak-topoğrafya ve drenaj yetersizliği nedeniyle sulama dışı bırakılmış eşik araziler bu gün damla, mini yağmurlama ve benzeri tekniklerle sulanabilmektedir. Ayrıca, sorunlu alanlar (tuzlu-alkali alanlar) damla sulama tekniği ile sulanabildiği gibi, çok hafif bünyeli topraklarda suyu kolayca iletebilecek fasıllı karık (surge) gibi yöntemler uygulanabilmektedir. Bu durumda; sulanabilir alanlar ve sulama suyu gereksinimi hesaplanırken eski rakamlar yerine yeni rakamların konuşulması gerekmektedir. Gelecekte yapılacak plan ve programlarda bu durum dikkate alınmalıdır.

- Türkiye’de su potansiyeli tam olarak henüz kullanılmamaktadır. Kullanılabilir iyi nitelikli yüzey suları potansiyelinin %33.15’i, yeraltı suyu potansiyelinin %48.78’i halen kullanılmaktadır. Kullanılabilir yeraltı suyu potansiyelinin %24.39’u ise kullanıma sunulmuş olmasına karşın kullanılmamaktadır. Bu veriler ışığında, yüzey su kaynakları potansiyelinin %66.85’i, yeraltı suyu potansiyelinin ise %26.83’ü halihazırda kullanıma sunulmamıştır. Kullanılabilir yeraltı ve yerüstü su potansiyelinin ise yalnızca %34.94’ü kullanılmakta geriye kalan %65.06’sı kullanım beklenmektedir. Kullanılan suyun sektörlere göre dağılımı konusundaki rakamlar, kuşkuludur.

- Sulama sularının sulamaya uygunluk ölçütleri değiştirilmelidir. Bugün artık, sulama sularının sınıflandırılmasında bitkiyi, yöreyi (toprak) ve iklimi dikkate alan yaklaşımların kullanılması eğilimi ağır basmaktadır. Herhangi bir yörede ve herhangi bir bitkide kullanılmayacak nitelikte sayılan sular, bir başka yöre veya bitki için kullanılabilir nitelikte olabilmektedir. Bunun yanında kötü nitelikte sayılabilecek sulama suları bazı özel tekniklerle sulamada kullanılabilir. Bu durumda, Türkiye’nin su potansiyeli yeniden ele alınarak hesaplanmalıdır. Su potansiyelinin yeterliliği sulanabilir alanların tümü dikkate alınarak belirlenmelidir.

- Yapılan incelemelerde, ülkemiz yeraltı ve yerüstü su rezervleri, günümüz koşullarında, tam kullanılmadıklarından dolayı, yeterli gibi gözükmektedir. Ancak, gelecekteki kullanımlara yeterli olmayacağı savlanmaktadır. Bu durum, henüz yeterince aydınlatılmış değildir. Diğer yandan, havzalar arası su iletimi tekniklerinin uygulanabilmesi

için havzaların su ve toprak kaynaklarını veren ayrıntılı bilimsel çalışmalara henüz rastlanmamıştır. Ancak, son yıllarda, havzalar arası su iletimi ile ilgili kimi projeler başarıyla yaşama geçirilmiştir: Çatalan-İmamoğlu Projesi, Orta Ceyhan Projesi, gibi.

- Tarım toprakları Türkiye’de miras hukukundan kaynaklanan olumsuzluklar nedeniyle üzerinde karlı işletmeler kurulmasına olanak vermeyecek ölçüde küçük parçalara ayrılmaktadır. Tarım işletmelerinin %67’si 1-50, %85’i 1-100 dekar genişlik grubunda yer almaktadır. Bu gruplardaki işletmelerin toplam işlenen alandan aldıkları pay sırasıyla %22.1 ve %42.0’dır. Buna karşılık 101 dekardan büyük işletmelerin oranı %15.0, işledikleri alanların oranı ise %58.0’dır. Türkiye’de 500 dekarın üzerinde araziye sahip işletme oranının sadece %0.93 olmasına karşın bu işletmelerin işledikleri alanın %17.13 dolaylarındadır (Kılınçer ve ark., 2002).

- Arazi kullanım planlarının bulunmayışı ve tarım dışı arazi kullanımının artışı nedeni ile tarım alanları azalmaktadır (DPT, 1997). Tarım topraklarının amaç dışı kullanımı Türkiye’de önemli boyutlara ulaşmıştır. Hızlı nüfus artışı, kırsal nüfusun düzensiz ve denetimsiz olarak kentlere göçü, endüstrileşme, turizm ve büyük boyutlu alt yapı yatırımları gibi etmenlerin etkisiyle tarım alanlarının işgali giderek yaygınlaşmış ve ülke tarımı yönünden önemli bir sorun haline gelmiştir (Yurdakul ve ark. 1991). Değınilen sorun örneğın Adana ve Bursa gibi sulu tarımın geliştiğı yörelerde yoğun biçimde görölmektedir. Sorun öncelikle iç göçü durdurucu önlemlerle ortadan kaldırılabılır. Üreticinin toprağına bağlanması için gelir düzeyini yükselten önlemler alınmalı su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili yatırımlara önem ve öncelik verilmelidir. Ayrıca politik baskılara olabildiğince açık olan yasa ve yönetmeliklerde gerekli değışiklikler yapılarak etkin kullanımları sağlanmalıdır.

(ii) İşletim Aşamasında Meydana Gelen Sorunlar

- Türkiye’de sulu tarım yatırımlarından beklenen katma değer artışı, ekonomik, politik, sosyal ve teknik nedelerle oldukça düşüktür. Yapılan incelemelerde sulama ile verimin 7 kat artmasına karşılık; katma değerin ancak, 2.6 kat arttığı saptanmıştır (Sayın ve ark., 1993). Bu durum, sulama yatırımlarının özendirici olma özelliğini önemli ölçüde azaltmaktadır.

- DSİ’ce sulamaya açılan alanlarda beklenen sulama oranlarına bu güne kadar ulaşamamıştır. Sulama projelerinde kabul edilen gelişme periyodunun sonunda bile gerçekte sulanan alan başlangıçta sulanması öngörölen alandan daha küçüktür. Anılan oranlar, yıllara göre, %75.0-18.3 arasında değışmiştir.

- Sulanır alanlarda gözlenen bitki deseni planlanandan büyük farklılıklar göstermektedir. Bazen projede öngörölen sulama oranlarının çok altında kalınmaktadır. Öyleki projelerin karlılığı olumsuz yönde etkilenmekte; proje alanındaki üreticiler sulu tarımdan kuru tarıma geçmektedirler. Bu durum, genellikle pazar koşulları, çiftçi gelenekleri, hastalık ve zararlılar ile tarımsal girdilerin fiyatlarındaki dalgalanmalar ve özellikle üretim planlanmasının ölkemizde hala uygulanamamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca sulama suyu ve şebeke (sulama-drenaj) yetersizliği; tuzluluk-alkalilik ve taban suyu sorunlarının ortaya çıkması; üreticilerin kendi olanakları ile sulama yapma istekleri ve su geçiş hakkına uymamaları gibi etmenler nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Sulama oranlarının artırılması için etkin bir üretim planlamasına gidilmelidir. Üretici ucuz kredilerle desteklenmeli, batı

ülkelerinde olduğu gibi, bazı önemli üretim girdileri -özellikle stratejik kimi ürünlerde- sübvansede edilmelidir.

- Sulama sistemlerinin tam olarak bitirilmeden işletmeye açılması. Yakın zamanlara değin büyük sulama projelerinin çoğu ana drenaj ve sulama şebekeleri tamamlanmadan sistemin sağlayacağı yararın çekiciliği dikkate alınarak işletmeye açılmıştır. Son zamanlarda iki projede (Seyhan ve Gediz) başlayan arazi geliştirme çalışmaları, diğer sulama projeleri dikkate alınmaz ise, çiftlik su dağıtım sistemleri tam olarak bitirilmiş değildir. Bu uygulamanın bir sonucu olarak örneğin sızma kayıpları kabul edilebilir sınırların çok üzerindedir.

Orta Anadolu'da yapılan bir çalışmada her 100 m kanal boyunda giren akımın %0.4-%4.3'ünün (Öğretir, 1981); Ege'de toprak bünyesine bağlı olarak %2.5-%9.8'inin (Şener, 1976); Çukurova'da ise kanal niteliklerine göre %0.6-%2.4'ünün (Yavuz, 1984) sızma ve buharlaşma ile kaybolduğu saptanmıştır. Verilen örnekler çoğaltılabilir. Zira değinilen konuda Türkiye'de çok sayıda çalışma yapılmıştır.

- Diğer yandan TOPRAKSU kuruluşunun yasal olarak kaldırılması sonucu sulama proje alanlarında tarla içi geliştirme hizmetleri aksamaktadır. Örneğin, arazi düzeltimi, tarla içi drenaj sistemleri yeterli ölçüde yapılamamaktadır. Yoğun toprak düzeltimi (tesviye) yapılan Gediz ve Seyhan projeleri dışında, Türkiye'deki tüm sulama projelerinde, arazilerin sulamaya hazırlanması yetersizdir. Son günlerde, topraksu hizmetlerinin il yönetimlerine bırakılacağı yazılıp söylenmektedir. Bunun gerçekleşmesi durumunda, siyasal ve yönetsel sorunların artacağı, tarla içi geliştirme hizmetlerinin önemli ölçüde aksayacağı, hatta hiç yapılamayacağı gibi sorunlarla karşılaşacağı düşünülmektedir.

- Sulama hizmetlerinin sürekliliğini olumlu yönde geliştirmek için şebekelerin yönetimini, politik ortamdan ayırıp bağımsız organizasyonlara vermek gerekmektedir. Bu amaçla çiftçilerin değinilen organizasyonlara asıl katılımcılar olarak dahil edilmeleri zorunludur. Daha açık deyimle şebekelerin işletilmesi doğrudan üreticilere bırakılmalıdır (Tekinel, 1999). Ancak bu değişimi kabul ettirecek kurumsallaşmış yasal sisteme Türkiye henüz tam anlamıyla sahip değildir. O nedenle anılan düzenlemenin gerçekleşmesi oldukça güç gibi görünmektedir. Yalnız bu değişimin Türkiye'de gerçekleşme şansı yüksektir. Zira yukarıda değinilen sorunların çoğunun varlığı bilinmekte ve 1998 yılı değerlerine göre DSİ'ce inşa edilerek işletmeye açılan 2.164 milyon ha alanın %60.6'sı İçişleri Bakanlığı Mahalli İdareler yasasına dayanarak kurulan sulama birliklerine devredilmiş olup doğrudan üreticiler tarafından işletilen çok başarılı çiftçi organizasyonları niteliğinde çok sayıda örnekleri bulunmaktadır. Devir işleminde asıl sorun sulamadan yararlananların yönetimde kendilerine düşen payı ve sorumluluğu almaları konusundaki politikaların benimsenmesidir. Bu pay da bazı işletme-bakım-yönetim sorumluluklarını üstlenmekle büyük ölçüde çözümlenecek durumdadır.

(iii) Suyun Uygulanması Sırasında Ortaya Çıkan Sorunlar

- Türkiye'de yeterli düzeyde ve etkin bir çiftçi eğitim servisinin bulunmaması nedeni ile sulu tarım alanlarında toprak-bitki-su ilişkileri ve bunların insan ve çevreye olan etkileri üzerinde fazla durulmamaktadır. Bu nedenle üretici yeterince eğitilememekte, aşırı su kullanma eğilimi ortaya çıkmakta, yüzey akış, derine sızma gibi su kayıpları artmaktadır.

Bunun sonucu olarak, sulama randımanları düşmekte; arazilerin sulamaya iyi hazırlanmaması, drenaj, yüksek taban suyu, tuzluluk gibi, bir dizi sorunla karşı karşıya kalınmaktadır.

- Tarla içi sulama uygulamalarında su kayıplarını gösteren en iyi ölçüt, sulama performans değerleridir. Yakın zamanlarda yapılmış bir çalışmada, bölgesel olarak işletmeye açılmış bir çok sistemde sulama performanslarının oldukça düşük olduğu belirlenmiştir (Kanber ve ark., 2004). Araştırma sonuçlarına göre, sulama sistemlerinin performansları, altyapı, işletme, su dağıtımı, iklim ve kimi sosyo-ekonomik sorunlardan/yetersizliklerden dolayı, kabul edilebilir düzeyde değildir. Randımanlı bir sulama programına hemen tüm sulama sistemlerinde ulaşamamıştır. O nedenle uygulama randımanları düşük, su kayıpları yüksektir (Çizelge 10).

Çizelge 10. Bölgelere ve Sulama Yöntemlerine Göre Uygulama Randımanları, Ea (%)

Bölgeler	Damla Sulama	Yağmurlama Sulama	Yüzey Sulama
Akdeniz	67-84 (Söğüt, 1986) 87-98 (Bilal, 1997)	95-97 (Andırınlioğlu, 1993)	52-59 (Şimşek, 1992)
Güneydoğu		61 (Oğuzer ve Önder, 1988)	86-94 (tıkalı karık, Kanberve ark., 1996) 60-70 (serbest karık, Kanber ve ark., 1996) 38 (Oğuzer ve Önder, 1988)
Orta Anadolu		33.7 (Şimşek, 1992)	48.7 (Balaban ve Beyribey, 1991) 29-80 (Ertaş, 1980) 37.9 (Şimşek, 1992) 32-77 (Öğretir, 1981) 23-58 (Oykukan, 1970)
Karadeniz			35-94 (Bayrak, 1991) 55-87 (Balçın, ve ark., 2001)

Öte yandan, Çizelge 11’de kimi sulama sistemlerine ilişkin performans göstergeleri verilmiştir. Sulama eşdağılımı (CU) ve dağılım türdeşliği (DU), depolama randımanı (Es), iletim randımanı (Ec) ve iletim kayıpları (CL) ile damlama eşdağılımı (EU) gibi ögeler, bölgelere göre ayrı ayrı gösterilmiştir.

Proje alanlarında sulama suları; derine sızma, buharlaşma, yüzey akış ve sulama sistemlerinin doğru işletilmemesi gibi nedenlerle kaybolmaktadır. Ülkemizde genellikle geleneksel açık kanal sistemleri yapılmaktadır. Bu sistemlerin hakim olduğu alanlarda iletim ve dağıtım randımanı %60, su uygulama randımanı %50 ve toplam proje randımanı %30 dolayında gerçekleşmektedir. Su iletim sistemlerinin, gelişmiş çağdaş teknikler kullanılarak yapılması, çıplak kanalların kaplanması ve sızdırmazlığın sağlanması ile sızma kayıpları azaltılabilmektedir. Mansap denetimli açık kanal sistemleri ve basınçlı borulu sulama sistemlerinin kurulması, sulama randımanlarını arttıran denetimli sulama olanağı yaratan ve su artırımını sağlayan uygulamalar arasında sayılmaktadır. Ülkemizde bu sistemlerin kurulması ve yaygınlaştırılması VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı hedefleri arasına alınmıştır.

- Sulama tarımsal üretim artışı sağlayan önemli bir girdi niteliğindedir. Kültürteknik önlemler alınmadan fiziksel sulama tesislerinin tamamlanarak hizmete sunulması önemli ve

ileride giderilmesi olanak dışı kimi sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Havza proje ve çiftlik bazında alınacak teknik önlemler ile sulu tarımda suyun etkin kullanılması ve kullanım randımanlarının artırılması mümkün olmaktadır (Hamdy ve Lacirignola 1999).

Çizelge 11. Farklı Bölgelerde Sulama Performans Göstergeleri

Bölge	Es	DU	CU	EU	Ec
Akdeniz	56-75 Mini yağmurlama (Uçar, 1994)	98-99 Damla (Bilal, 1997) 82-88 Yüzey Sulama (Şimşek, 1992) 87.2 Yağmurlama (Andırınlioğlu, 1993) 12.1 Karık (Önder ve ark, 1992)	40 Karık (Önder ve ark., 1992) 97.5 Damla (Oğuzer ve Yılmaz, 1991)	84 Damla (Söğüt, 1986)	
Güneydoğu	24 Karık, 41 Yağmurlama (Oğuzer ve Önder, 1988)	85 Yağmurlama (Kanber ve ark., 1996)	85 Yüzey ve Sprinkler (Kanber ve ark., 1996)		
Orta Anadolu.	75-80 Yüzey sulama (Oylukan, 1972a) 85 Tesviyeli 61-98 Yüzey sulama (Oylukan, 1970b)	37-81 Yağmurlama (Tari, 1998)	58-82 Sprinkler (Tari, 1998)		85 Sulama kanalı (Balaban ve Beyribey, 1991)
Karadeniz	17-90 Yüzey Sulama (Bayrak, 1991)				

● Gelecekte ortaya çıkması kesin olarak beklenen su sıkıntısını ortadan kaldıracak, su artırımını sağlayacak çalışmalara şimdiden başlanmalı, konu ile ilgili bilimsel projeler öncelikle desteklenmelidir. Bu amaçla, havza bazında yağış sularının biriktirilmesi, havzalar arası su iletimi ve kötü nitelikli suların karıştırılarak, deniz sularının, kentsel atık suların ve drenaj sularının kullanılması ile su artırımını sağlanabilmektedir. Küçük kuru dereler üzerine göletler yapılarak yağış sularının yaz mevsimi boyunca sulamada kullanılması bu duruma iyi bir örnek oluşturmaktadır.

● Tarla bazında suyun etkin kullanımı ve artırımını için geliştirilmiş yüzey sulama teknikleri örneğin fasıllı karık, azaltılmış debili karık, döngülü karık, değişebilir veya sabit ardışık karık vb sulama ve sulama zamanının otomasyonu, yağmurlama sulama ve düşük basınçlı-düşük akışlı modern sulama tekniklerinin kullanılması ile su tasarrufu yanında, geleneksel sulama yöntemlerinin doğurduğu sakıncalar da giderilebilmektedir. Ülkemizde söz konusu tekniklerin kullanımı yaygınlaştırılması ve çiftçilere benimsetilmesi için gerekli eğitim çalışmaları yaygınlaştırılmalı ve parasal olarak desteklenmelidir.

● Küreselleşme sürecindeki dünyada su kaynaklarının planlanması geliştirilmesi izleme ve değerlendirilmesi aşamalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Tekniklerinin kullanımı yoluna gidilmektedir. Ülkemizde bu konularda eğitilmiş personel sayısı ve gerekli donanımın tam olduğu söylenemez. Ancak dünyadaki gelişmelere paralel olarak şimdiden kimi önlemlerin alınması personel yetiştirilmesi ve donanımı için kurumsal yapıda gerekli değişikliklerin yapılması kaçınılmazdır.

3. Drenaj

Sürdürülebilir tarım, çok sayıda biyolojik, fiziksel, ekonomik ve sosyal etkenin birlikte veya teksel olarak, dengeli biçimde uygulanmasını gerektiren ileri düzeyde bir tarımsal işlev sayılmaktadır. Sürdürülebilir tarımın gerçekleştirilmesi için uygun niteliklerde kök bölgesi koşulları yaratmak, toprak suyu, hava ve tuz düzeyi arasında uygun ve kabul edilebilir bir dengenin yaratılmasına bağlıdır (Kara ve Arslan, 2004). Tuzlu taban suyunun doğrudan veya kılcal yükselişle kök bölgesine ulaşması ve orada belli bir süre kalması, bitki gelişimini olumsuz biçimde etkilediği gibi, tuzlu ve alkali toprakların oluşması gibi, çok önemli çevre sorunu yaratmaktadır. Taban suyunun kök bölgesinin dışında ve belli bir derinlikte tutulması, sorunun çözümü için gereklidir. Değinen değişkenler arasında uygun bir dengenin kurulması, başarılı bir drenaj sisteminin varlığı ile olasıdır.

Tarımsal drenaj, bitki kök bölgesinde ve toprak yüzeyinde bulunan fazla suların zamanında ve denetimli biçimde ortamdan uzaklaştırılması şeklinde tanımlanabilir (Özer ve Aslan, 2004). Tanımdan anlaşılacağı gibi, sulanır alanlarda drenaj, taban suyunu bitki kök bölgesinin dışında tutmak için yapılan etkinlikleri kapsamaktadır.

Sulama ile drenaj birbirlerini tamamlayan iki önemli mühendislik dalıdır. Sulama ile kuru koşullara göre, 3-7 kat verim artışının sağlandığı açıklanmakla birlikte, drenajın sulama ile ilişkisinin yeterli ölçüde önemsenmemesi, sulu tarım alanlarında tuzluluk, alkalilik ve taban suyu gibi, geri dönüşü çok güç olan sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Tarımsal drenajın önemi bilinmekle birlikte, çoğu kez sulama sistemlerinden sonra düşünüldüğünden, yukarıda değinen sorunlarla hemen tüm sulanır alanlarda karşılaşmaktadır.

Drenaj, çok eski çağlardan beri bilinen, Mezopotamya, Nil havzaları ile Roma İmparatorluğu döneminde yaygın biçimde kullanılan bir mühendislik dalıdır. Sulanır alanlardaki taban suyu düzeyinin denetiminde ve buna bağlı olarak tuzluluk-alkalilik gibi sorunların ortaya çıkmasının engellenmesinde etkin biçimde kullanılan tek seçenektir. Taban suyu, toprakta geçirimsiz bir katman üzerinde bulunan ve bulunduğu düzeyin altındaki toprak katlarını sürekli doygun halde tuttuğu için bitkilere zararlı olan su katmanı diye tanımlanır (Tekinel ve Kanber, 1987). Sulanan alanlarda görülen tuzluluk sorunu, denetlenemeyen ve 1-2 m arasında bulunan taban suyunun varlığında meydana gelmektedir (FAO, 2000). Öte yandan, drenaj yetersizliğinden dolayı sulanan alanlarda meydana gelen tuzluluğun neden olduğu arazi bozunması sonucu gıda üretimi olumsuz bir biçimde etkilenmektedir. Kurak ve yarı kurak alanlarda kök bölgesinde biriken tuzlu taban suları uzaklaştırılmaz ise ciddi bir sorun oluşturmakta ve farklı kullanımlar için gerek duyulan iyi nitelikli suya olan istemi artırmaktadır (Sharma ve ark., 1993 ve 1994).

Sulamadan beklenen yararın sağlanması için drenaj sistemlerine kesinlikle gereksinim bulunmaktadır. Sulama şebekelerinin drenaj sistemleriyle donatılmaması, yetersiz veya hatalı drenaj sistemlerinin tasarımı ve uygulanması, tuzlu ve alkali toprakların oluşumunun en önemli nedenlerinden birisi olarak gösterilmektedir.

Drenaj sorunun çözümü için, taban suyunun çok iyi etüt edilmesi gerekir. Taban suyu ile ilgili çalışmalar sonunda elde edilen bilgiler, drenaj sorunun çözümünde kullanılır.

Özellikle taban suyu derinliğinin ve tuz kapsamının zamansal ve mekansal değişimleri; tuzluluğun kökeni, kaynağı gibi bilgiler, tarımsal işlevlerin başarısı için gereklidir. Bu amaçla bir çok sulama sisteminde periyodik olarak, taban suyu gözlemleri yapılmaktadır. Her biri 100 hektarlık bir alana hizmet eden gözlem kuyuları aracılığı ile değinilen gözlem ve ölçmeler yapılmaktadır.

3.1. Türkiye`de Drenaj Sorunu

Türkiye arazi varlığı envanterine göre, 2775115 hektar alanda drenaj (yaşlık) sorunu bulunmaktadır. Bunun %61`i yetersiz drenajlı, %28`i fena drenajlı, %10`u bozuk drenajlı, %1`i ise aşırı drenajlıdır (Sönmez, 2004). Drenaj sorunu bulunan alanlar, kentlere göre önemli ölçüde değişmektedir. Konya ili 120 594 hektar drenaj sorunu bulunan alanla ilk sırayı almaktadır. Bunu sırasıyla, 83331 hektar alanla Samsun, 74177 hektar ile Sakarya, 62528 hektar ile Antalya ve 51599 hektar ile Bursa izlemektedir. Diğer illerden Adana Burdur, Kütahya; Eskişehir ve Van illerinde drenaj sorunu bulunan alanlar, yaklaşık 30 000 hektarın üzerindedir.

Drenaj sorunun asıl nedeni sulama uygulamalarıdır. Bilindiği gibi, sulama suları, belli bir randıman değeriyle düzeltildikten sonra uygulanır. Bu, uygulanan su miktarının içerisinde yüzey akış ve derine sızma gibi kayıpların da olduğu anlamına gelir. Sulamayla gelip derinlere sızan suların bir şekilde topraktan uzaklaştırılması gerekir. Eğer, topoğrafya izin veriyorsa, doğal yollarla; değilse yapay drenaj sistemleriyle konu edinilen suyun uzaklaştırılması sağlanabilir. Drenaj sistemlerinin yetersiz olduğu veya hiç olmadığı durumlarda, drenaj hacminin üzerinde su miktarı, sisteme ulaştığında, yaşlık veya drenaj sorunu ortaya çıkmaktadır. Değinilen sorun, doğal durumdaki çukur alanlara çevre vadi veya yüksek kesimlerden sızma yoluyla gelen sular tarafından da oluşurulabilir. Ancak, anılan durum, sınırlı sayılabilecek örnekleri oluşturmaktadır. Doğal drenajın yetersiz olduğu humid alanlarda ise drenaj sorunu, yağışlardan kaynaklanmaktadır. Sulanır alanlarda daha çok, aşırı sulamalarla drenaj sorunu ortaya çıkmaktadır. Buna, üreticilerin, aşırı su kullanma eğilimlerinin neden olduğu, bilinmektedir.

Drenaj sorunu, Türkiye`de özellikle, sulamaların yoğun olarak uygulandığı, sulanır alanlarda ortaya çıkmaktadır. Aşağıda, önemli sulama proje alanlarında drenaj sorunu ile ilgili örnekler verilmiştir.

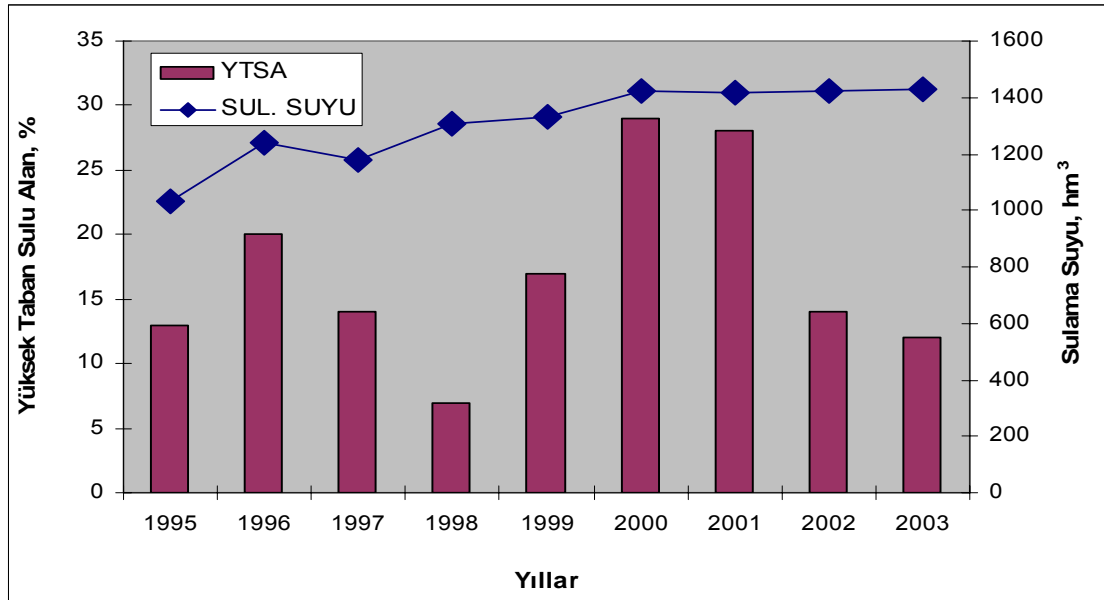
(i) Aşağı Seyhan Ovası Drenaj Sorunu

Çalışmada DSİ Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan veriler kullanılmıştır (Demir ve Antepli, 2004). Aşağı Seyhan Ovası sulamalarında yaklaşık, 121492 ha alan sulanmakta ve taban suyu ölçümleri için 1034 adet gözlem kuyusundan yararlanılmaktadır. Projenin 115282 hektarlık bölümünde taban suyu izleme çalışmaları sürdürülmektedir.

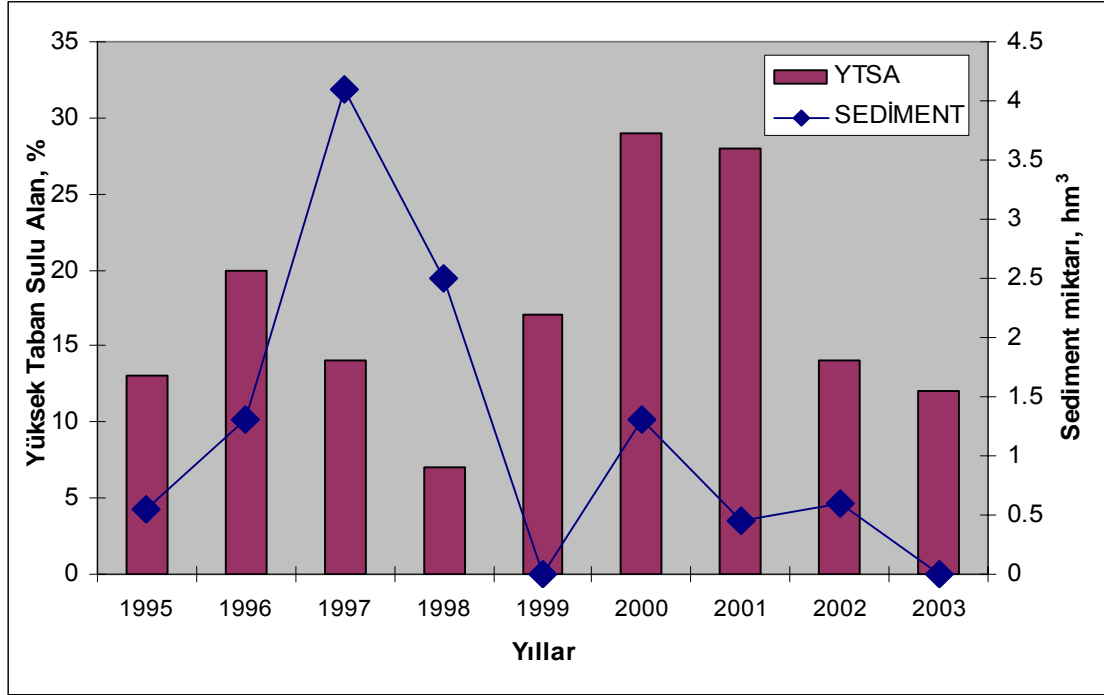
ASO drenaj kanalları, 1995-1998 yılları arası dönemle 2001 ve 2002 yıllarında temizlenmiştir. Değinilen dönemlerde, Demir ve Antepli (2004) tarafından belirtildiğine göre, hektar başına sırasıyla ortalama, 17.3 ve 4.8 m³/yıl toprak temizliği yapılmıştır. En fazla, yaklaşık, 4.1 km³ hacimle 1997 yılında tortu temizlenmiştir. Seyhan Ovası sulamasında, drenaj çıkış ağzı kotları yetersiz olduğundan, DSİ tarafından 7 adet drenaj pompa istasyonu inşa edilmiştir. İstasyonlar aracılığıyla her yıl, 30-12 km³ hacminde drenaj suyu pompalar aracılığıyla sistemden atılmıştır.

Drenaj yeterliliğinin değerlendirmesinde, sulamanın en yoğun olduğu aydaki taban suyu düzeyi 0-1 0 m arasında olan alanlar (yüksek taban sulu alanlar, YTSA); tuzluluğun değerlendirilmesi için taban suyu tuzluluğunun 5dS/m den yüksek olan alanlar (tuzlu taban sulu alanlar, TTSA) kullanılmıştır. YTSA dağılım yüzdeleriyle şebekeye alınan su miktarları (SUL.SUYU), pompa aracılığı ile uzaklaştırılan su miktarları (DR. SUYU), drenaj kanallarından temizlenen sediment miktarları (SEDİMENT) arasındaki ilişkiler, şekilsel olarak incelenmiştir. Tüm veriler, Demir ve Antepli (2004) den ve DSİ 6. Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. Ulaşılan sonuçlar aşağıda Şekil 1-4'de gösterilmiştir.

Şekil 1'den anlaşılacağı gibi, şebekeye verilen sulama suyu sürekli artış göstermiştir. Buna bağlı olarak YTSA değerlerinde de artışlar gözlenmektedir. Ancak, kimi zaman başvuru önlemlerin etkisiyle artış eğilimi saptırılmaktadır. Örneğin, en küçük dağılım alanı, 1998 yılında ölçülmüştür. Ancak, 1997 yılında ise, en fazla kanal temizliği yapılmıştır (Şekil 2).

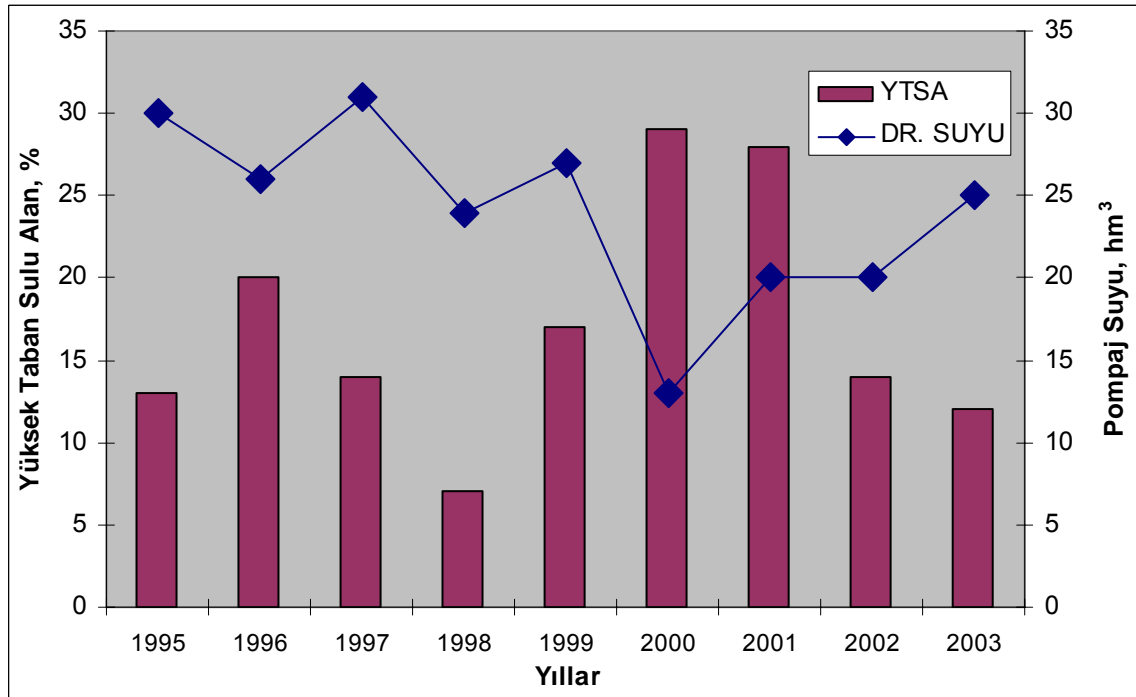


Şekil 1. Yüksek taban suyuna sahip alanlar ile şebekeye alınan su miktarlarının zamansal değişimleri (Demir ve Antepli, 2004'den yeniden değerlendirilmiştir)



Şekil 2. Y TSA ile kanallardan çıkarılan sediment miktarlarının zamansal dağılımları.

2000 yılındaki genişleme, birazda pompalanan drenaj suyu miktarının düşmesinden de kaynaklanmış olabilir. Değinilen pompaj hacmi arttıkça, 2002 ve 2003'te olduğu gibi, Y TSA değerleri düşmüştür (Şekil 3).

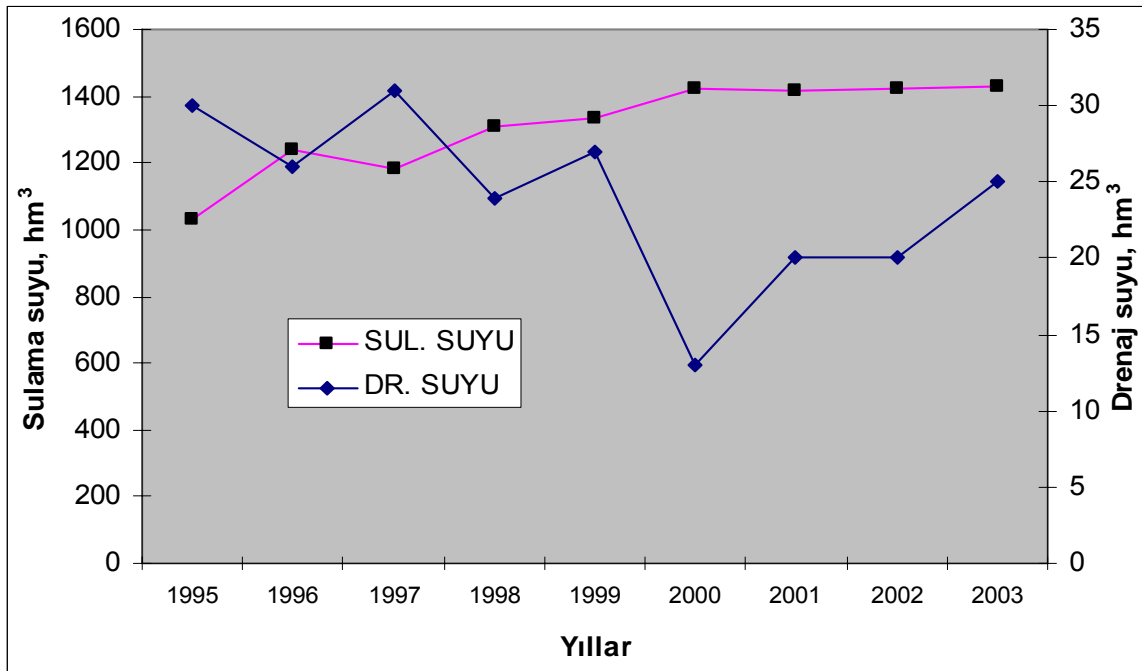


Şekil 3. Y TSA değerleri ile pompalar aracılığıyla sistemden uzaklaştırılan su hacimlerinin zamansal değişimleri

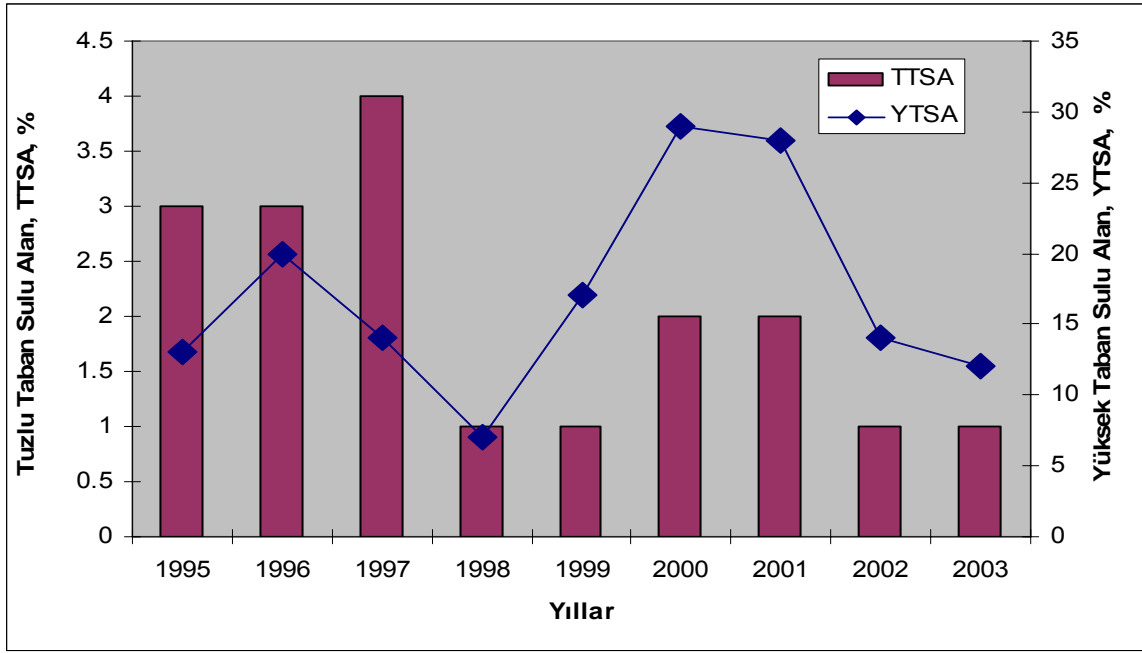
Şekil 4’de ASO Sulamasında kurulan pompa istasyonlarının dışarı attıkları drenaj suyu hacmi ile şebekeye alınan su miktarı arasında belli bir ilişki görülmemektedir. Hatta, su miktarı arttıkça, pompaj hacminin küçüldüğü anlaşılmaktadır. Bu konuda daha kesin sonuçlara ulaşmak için ilgili yıllardaki bitki deseni ile bitki su kullanma miktarlarının incelenmesi gerekir.

Yüksek taban suyu veya drenaj sorunu beraberinde tuzluluk sorununu da getirmektedir. Yıllara göre yüksek taban suyu sorunun olduğu alanlarla taban suyu tuzluluğunun 5000 dS/cm olan alanların dağılımları Şekil 5’de gösterilmiştir.

Şekilde 5’de görüldüğü gibi, taban suyu sorunun gelişimine bağlı olarak taban suyu tuzluluğu da değişmektedir. 1998 yılında en düşük değerine ulaşan taban suyu sorun alanları, aynı yıl taban suyu tuzluluğunun da önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Buna, bir önceki yıl, 1997 de yapılan drenaj kanalları sediment temizliğinin etkili olduğu söylenebilir. Aslında, taban suyu tuzluluğu, drenaj sorunu gibi, doğrudan sulama suyu miktarına bağlı olarak değişmektedir. Kimi yıllar yapılan ve etkisi geçici olan önlemler, değinilen eğilimi kısmen değiştirmekte veya azaltıp, durdurmaktadır.



Şekil 4. ASO Sulamasında şebekeye alınan ve pompajla sistemden uzaklaştırılan su miktarları



Şekil 5. Aşağı Seyhan ovası'nda taban suyu sorunu ile tuzluluk sorunun olduğu alanların yıllara göre dağılımları

(ii) *Harran Ovası Drenaj Sorunu*

Şanlıurfa-Harran Ovasında aşırı sulama, drenaj sisteminin yetersizliği, ve topoğrafik yapı nedeniyle yüksek taban suyu tehlikesi önemli boyutlara ulaşma eğilimindedir. Topoğrafik olarak düz yada çukur alanlarda, yamaç arazilerden gelen yüzey veya yüzeyaltı akımlar ve kanal sızmalarının etkisiyle yüksek taban suyu oluşmaktadır. Sulamadan önceki dönemde, 1978 yılında tamamlanan etütlere göre, Harran Ovasında taban suyunun 0-2 m arasında olduğu yerler, 2747 hektar dolaylarında ve yalnızca, Suriye sınırına yakın alanlarla Harran ilçesinin çevresinde bulunmaktaydı.

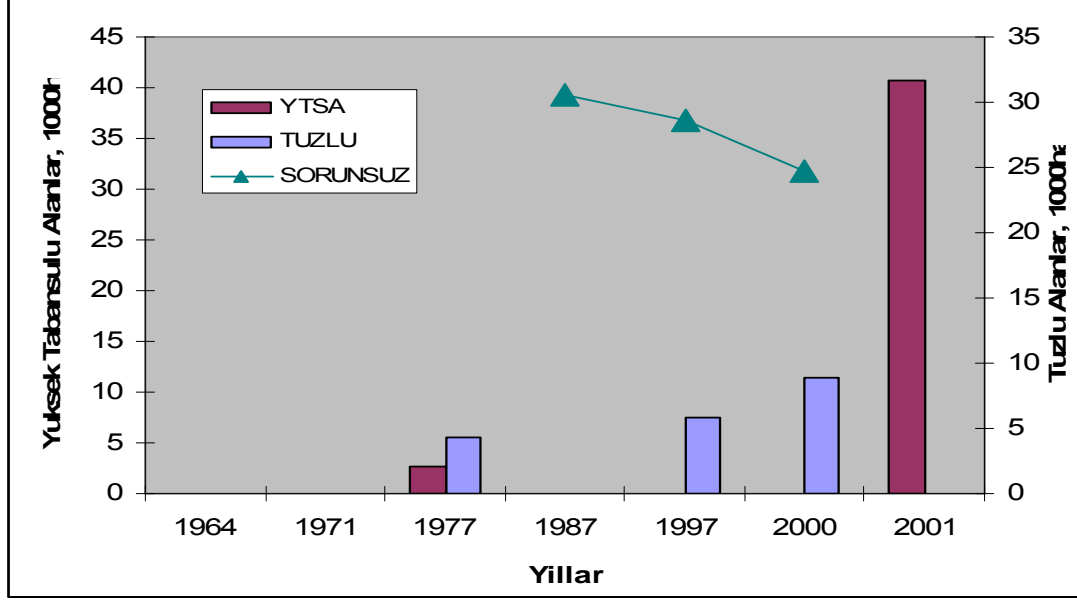
Sulama sonrası ovada 569 adet taban suyu gözlem kuyusu açılmış ve bunların 338'inde taban suyu bulunmuştur. Buna göre, ovada taban suyu sorunu olan alanlar, yaklaşık, 28000 hektardır ve 8000 hektar alanda potansiyel tehlike bulunmaktadır (Özkaldı ve ark., 2004). Bu durumda, 1978 yılında bitirilen toprak etütleri dikkate alındığında, sulama ile birlikte yüksek taban suyu sorununun büyük boyutlara ulaştığı söylenebilir. Drenaj olanaklarının sınırlı olması nedeniyle her yıl önemli miktarda tahliye edilmeyen su, taban suyuna karışarak onu yükseltmektedir.

2000 yılı sulama verileri kullanılarak, Özkaldı ve ark. (2004) tarafından yapılan bir hesaplamaya göre, 121 km³ hacminde su, sulama sonucu dışarı atılmadan ovada depolanmaktadır. Bu depolanmanın yüksek taban suyuna dönüştüğü açıktır. Mevcut drenaj sisteminin yeterli kapasitede olmaması, tarla içi drenaj sistemlerinin henüz tamamlanmamış bulunması, yüksek taban suyuna sahip alanların genişlemesine neden olmaktadır.

Sulama ile birlikte taban suyunun yükselmesi, tuzluluk sorunun da ortaya çıkmasına neden olmaktadır. 1964-65 yılları arasında yapılan toprak etütleri sonucuna göre, 200561 ha alanda, 85143 ha (%4.24) tuzlu, 3284 ha (%1.64) tuzlu-sodyumlu, 33 ha (%0.016) alan ise sodyumlu toprakları oluşturmaktaydı. Değınilen sorunlu topraklar, Haran ilçesi ile Akçakale ilçeleri arasında uzanan alanda yeralmaktaydı. Ova sulamaya açıldıktan 10 yıl sonra,

Akçakale YAS alanlarında toplam, 2927 ha alanda tuzluluk sorunu (daha önce yalnızca, 324 ha iken) ortaya çıkmıştır. Aynı alanlarda 1977 yılında taban suyu sorunu yokken, benzer şekilde, 1993 yılında toplam 2675 ha alanda değinilen sorunun ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Harran Üniversitesi Toprak Bilimi Bölümü tarafından Haran ilçesi ile Suriye sınırı arasında kalan 36167 ha'lık alanda yapılan bir çalışmada, toprak tuzluluğu değişimi incelenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Harran Ovası'nda tuzluluğun ve taban suyu sorununun gelişimi (Özer ve Demirel, 2004'den yeniden değerlendirilmiştir)

Şekil 6'da görüldüğü gibi, yaklaşık 40780 ha alanda yüksek taban suyu sorunu bulunmaktadır. Tuzluluk gelişimi ile ilgili çalışmanın, değerlendirilmesinde, alanın Harran Ovasının mansabında bulunması nedeniyle taban suyu akımının olması drenaj yetersizliği nedeniyle sorun yaratması, su yetersizliğinden dolayı drenaj kanallarından alınan suyun kullanılmasının da dikkate alınması gerektiği, Özer ve Demirel (2004) tarafından belirtilmiştir.

3.2. Drenaj Konusunda Yapılan çalışmalar

Türkiye'de drenaj mühendisliği ile ilgili çalışmaların çoğu, projelendirme ölçütlerinin belirlenmesi ve çalışır haldeki sistemlerin performanslarının saptanması konularında yapılmıştır. Kimi araştırmalarda ise drenaj malzemeleri test edilmiştir. Bilimsel çalışmaların önemli bölümü, Köy hizmetleri Araştırma Enstitülerinde ele alınmıştır.

İlk çalışmalardan birisi, Bahçeci (1984) tarafından Konya Ovası'nda kapalı drenaj sisteminin projelendirilmesi için gerekli ölçütlerin saptanması amacıyla yapılmıştır. Deneme arazisinde oluşturulan test alanında yapılan çalışmalarda farklı drenaj ve bariyer derinlikleri için Glover-Dumm eşitliği kullanılarak uygun drenaj aralıkları belirlenmiştir. Çalışmada 90 cm derinliğindeki kök bölgesinin yarısının suyla dolu olduğu ve 3 günde boşalması için gerekli drenaj derinlikleri ve drenaj aralıkları verilmiştir. Benzer çalışma, Tarsus Ovası'nda Yarpuzlu ve Doğan (1986a) tarafından yapılmıştır. Çalışma sonunda toprakların drene edilebilir gözenek hacminin %2.1, hidrolik iletkenliğinin 0.16 mm/gün olduğu anlaşılmıştır. Toprağın 90 cm derinliğinin 4-7 günde drene edilmesi durumunda farklı drenaj derinliklerinde gerekli drenaj aralıkları verilmiştir. Drenaj malzemelerini test eden Kumova ve Yarpuzlu (1987), Aşağı

Seyhan Ovası koşullarında, 50 mm çaplı plastik boruların dışında, tüm plastik ve kil boruların yalnız kum-çakıl zarf malzemesi ile kullanımının uygun olduğunu rapor etmişleridir. Benzer çalışmada bazı drenaj kararlı akış koşulları eşitliklerini test eden Demir (1989), Erzurum koşullarında geliştirdiği bir model kullanmıştır.

3.3. Çözüm Önerileri

Sulamadan beklenen yararın sağlanması ve sürdürülebilir bir tarımsal üretim için tesviye, toplulaştırma ve drenaj sistemleri gibi, tarla içi geliştirme çalışmaları, sulama sistemleri ile birlikte ele alınmalı birbirlerine koşut biçimde inşa edilmeli ve birlikte işletmeye açılmalıdır.

Drenaj sistemleri, bilimsel ölçütler kullanılarak planlanmalı, etkinliğinin sürdürülebilmesi için, drenaj kanalları sık sık temizlenmelidir. Derinlikleri, artırılmalı, tarla içi drenaj sistemlerinin çıkış ağzlarının kapanmamasına özen gösterilmelidir.

Üreticinin sulama bilgi ve becerisinin artırılması, çağdaş bir sulama bilincinin yerleşmesi için etkin çalışan bir çiftçi eğitim ve yayım sistemi kurulmalıdır. Aşırı sulama alışkanlığının önüne geçmek için, çiftçi eğitim çalışmalarına önem verilmelidir.

Aşırı sulamanın önüne geçilmesi konusunda, su ücretlerinin belirlenmesinde bitki-alan yerine, su miktarını esas alan yaklaşıma bir an önce geçilmelidir. Drenaj kanallarından sulama yapmanın önüne geçmek için gerekli önlemler alınmalıdır.

Halihazırda tuzlu-alkalileşmiş, sorunlu alanlarda, özel önlemler alınarak üretim yapılabilmenin olanakları araştırılmalıdır. Pahalı yatırımları gerektiren büyük boyutlu drenaj sistemleri yerine, üreticinin kolaylıkla uygulayabileceği daha basit drenaj sistemlerine gidilmelidir. Tuza dayanıklı yeni bitki tür ve çeşitlerinin eldesi için biyoteknolojik çalışmalar özendirilmelidir. Halofit bitkilerin kullanım alanları konusunda bilimsel çalışmalar hızlandırılmalı, özendirilmeli; böylece anılan bitkilerin tuzlu alanlarda üretilmeleri özendirilmelidir.

4. Tuzluluk

(i) Tanımı

Kurak ve yarı kurak bölgelerde yetersiz yağıştan dolayı çözünebilir tuzlar uzaklara taşınmamakta, özellikle sıcak ve yağışsız olan dönemlerde, tuzlu taban suları kılcal yükselme ile toprak yüzeyine kadar ulaşabilmektedir. Evaporasyonun yüksek oluşu nedeni ile sular, toprak yüzeyinden kaybolurken beraberinde taşıdıkları tuzları toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın kısımlarda bırakmaktadır. Diğer bir deyişle, bu bölgelerdeki tuzlulaşmanın temel nedeni yağışların yetersiz, buna karşılık evaporasyonun yüksek olmasıdır (Richards, 1954).

Toprakların tuzlulaşmasında, bilinçsiz sulama yanında, drenaj olanaklarının yetersizliği ve yüksek taban suyunun da rolü çok büyüktür. Özellikle, sulama sonucu toprakların tuzlu ve alkali hale dönüşmesi, sulu tarımın uygulandığı bölgelerde güncel bir sorundur. Drenaj şebekelerinin yetersizliği ve sulama sonucu yükselen taban suyu, kurak bölgelerde tuzluluğun başlıca nedenidir. Bitki kök bölgesinde fazla miktarda eriyebilir tuzların birikmesi, bilindiği gibi, toprakta tuzluluk sorununun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Böyle bir toprakta, kültür bitkilerinin çimlenme, büyüme ve ürün verimleri,

mevcut tuzların cinsi ve miktarlarına bağlı olarak azalmakta ve hatta tamamen durmaktadır (Richards, 1954; Dizdar, 1978).

Yarı kurak iklim koşullarında sulama yapılan alanlarda önemli bir sorun olan tuzluluğun potansiyel etkisi, sadece ürün verimi üzerine değil, aynı zamanda arazilerin tuzlaşması, toprağın ve suyun bozulması ve yer altı sularına tuzun karışarak kalitelerinin bozulmasına neden olmaktadır (Feng ve ark., 2003). Aynı zamanda tuzluluğun neden olduğu arazi bozunması sonucu gıda üretimi olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Kurak ve yarı kurak alanlarda biriken tuzlu taban sularının uzaklaştırma şansı olmadığına ciddi bir problem oluşturmakta ve farklı kullanımlar için ihtiyaç duyulan kaliteli suya olan talebi artırmaktadır (Sharma ve ark., 1993 ve 1994).

Tuzluluk bitki gelişimini ve verimini etkileyen temel etmenlerden birisi ve dünyadaki arazilerin toplam % 7'sini etkilemektedir (Flowers ve ark., 1997). Tarım yapılan alanların % 23'ü ve sulanan alanların % 20'si tuzluluktan etkilenmektedir. Bunun dışında her yıl dünyada % 10 düzeyinde tuzlulukta artış eğilimi görülmektedir (Ponnamierurna, 1984). Sulanan alanlarda tuzluluk önemli bir problem olarak görülmektedir. Dünyada sulanan alanların yaklaşık yarısı taban suyu, tuzluluk ve alkalilik etkisi altındadır (Szabolics, 1985)

Çorak araziler Türkiye yüzölçümünün %2'sine, toplam işlenen tarım arazilerinin %5.48'ine, ekonomik olarak sulanabilen 8.5 milyon hektar arazinin %17'sine eşittir. Çizelgeden görüldüğü gibi, toplam çorak alanların %74.2'ü tuzlu, %25.5'i tuzlu-alkali ve %0.5'i ise alkali topraklardan oluşmaktadır. Türkiye'de çorak toprakların dağılımı, işlenen arazi miktarına göre, aşağıdaki Çizelge 12'de gösterilmiştir.

Çorak topraklar, iyileştirilmeden önce doğru biçimde tanınmalıdırlar. Tanınma için, önce arazi gözlemleri yapılır; daha sonra gözlemler, laboratuvarında yapılacak toprak ve su analiz ölçümleri ile pekiştirilir. Arazi gözlemlerinde, topraklar görünüşleri ile üzerinde yetişen bitki örtüsünün özellikleri dikkate alınır (Kanber ve ark., 1992).

Çizelge 12. Türkiye'de Sorunlu Toprakların Dağılımı (Sönmez, 2004)

Sorunun Niteliği	Alan (ha)	Sorunlu Alanlara Göre %
Hafif Tuzlu	614617	41.0
Tuzlu	505603	33.0
Alkali	8641	0.5
Hafif Tuzlu-Alkali	125863	8.0
Tuzlu-Alkali	264958	17.5
Toplam	1518722	100.0

Tuzdan etkilenmiş topraklar çok değişik şekillerde tanımlanarak sınıflandırılmışlardır. Ancak, Richards (1954) tarafından yapılan sınıflama bugün için en iyisi olarak kabul edilmektedir. Buna göre, tuzdan etkilenmiş topraklar üç sınıfa ayrılmıştır. 1. Tuzlu topraklar; 2. Tuzlu-alkali topraklar; 3. Tuzsuz-alkali topraklar. Tuzlu topraklar, kültür bitkilerinin olağan büyüme ve gelişmelerini engelleyecek düzeyde tuz içeren topraklar olarak tanımlanmaktadır. Bu topraklarda çamur süzüğünün 25 °C'deki elektriksel iletkenliği 4 dS/m den büyük, değişebilir Na⁺ yüzdesi 15'ten küçük ve genellikle pH'ları 8.5'tan düşüktür. Yüzeyde beyaz tuz kabuklarının varlığı ile tanınan bu topraklarda, killer genellikle yumaklaşmış halde olup, su geçirgenlikleri iyidir. Bu topraklarda en fazla bulunan değişebilir

katyonlar, kalsiyum ve magnezyumdur. Sodyum, çözülebilir tuzların ender olarak yarıdan fazlasını oluşturması nedeniyle, fazla adsorbe edilmemiştir. Az miktarda bulunan değişebilir potasyum toprakların kil mineralojileri ile belirlenen bir dengeye ulaşmış durumdadır. Anyonlardan Cl^- ve SO_4^{2-} ve bazı durumlarda NO_3^- en fazla bulunurlar. Az miktarda HCO_3^- içeren bu topraklarda CO_3^{2-} genellikle bulunmamaktadır. Tuzlu topraklar, ayrıca, kalsiyum sülfat ile kalsiyum ve magnezyum karbonat gibi çözünürlüğü düşük olan tuzları da içerebilirler. Tuzlu-alkali topraklar, kültür bitkilerinin olağan büyüme ve gelişmelerini engelleyecek düzeyde, hem tuz hem de sodyum içeren topraklar olarak tanımlanmaktadır. Çamur süzüğünün 25 °C'deki elektriksel iletkenliği 4 dS/m'den yüksek, değişebilir Na^+ yüzdesi (ESP) 15'ten fazla ve pH'ları bazen 8.5'ten büyük olabilmektedir. Tuzlu-alkali topraklar, tuzlulaşma ve alkalileşme olaylarının genellikle birlikte gelişmesi nedeni ile görünüşleri ve özellikleri yönünden, tuzlu topraklara benzerler. Tuzların fazla olduğu durumlarda toprak parçacıkları floküle durumda ve pH ender olarak 8.5'ten büyüktür. Eğer ESP düşürülmeden tuzlar yıkanır, bu toprakların özellikleri önemli ölçüde değişir ve tuzsuz alkali toprakların özelliklerine benzerler (Bower, 1969).

Bu topraklarda fazla miktarda çözünebilir tuzların birikmesi durumunda, sodyum değişebilir katyonlar arasında baskın duruma geçebilmektedir. Bunun nedeni, toprak çözelti konsantrasyonunun buharlaşma ve suyun bitkiler tarafından alımı nedenleriyle artması sonucu kalsiyum ve magnezyumun bu değişik ortamda çözünürlükleri düşük olan $CaSO_4$, $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ tuzları şeklinde çökelmeleridir. Bu koşullarda, değişim komplekslerinde tutulmuş bulunan kalsiyum ve magnezyumun bir bölümü çözelti fazındaki oransal konsantrasyonu artırmış olan sodyumla yer değiştirmektedir. Ancak, toprak çözeltisindeki iki değerli katyonlar (Ca ve Mg) değişim kompleksleri tarafından bir değerli olan sodyumdan daha güçlü bir şekilde tutulmakta ve bunların çözeltideki konsantrasyonlarının eşit olması durumunda bile adsorbe edilen Ca ve Mg'un miktarları adsorbe edilen Na'un birkaç katı olmaktadır. Dolayısıyla, değişim kompleksleri tarafından anlamlı miktarda sodyumun adsorbe edilebilmesi için çözünebilir katyonların yarısı veya daha fazlasının sodyum olması gerekmektedir (Richards, 1954; Kanber ve ark., 1992).

Sorunlu toprakların iyileştirilmesi, kök bölgesindeki çözünebilir tuzların yıkanarak, bitkiler için zararlı olmayan düzeylere düşürülerek topraktan uzaklaştırılması temeline dayanır. İşlem, çözünebilir tuz kapsamı, bitkilerin zararlanmayacağı düzeye indiğinde tamamlanır. Bunun için Türkiye'de tuzluluk için çamur süzümü $EC=4$ dS/m, sodyumluluk için $ESP=10-15$ olması gerekmektedir (Sönmez ve ark., 1996). Önce, yörede etkin çalışan bir drenaj sisteminin varlığı araştırılır; yoksa kurulur. Taban suyunun istenen derinliğe indirilmesi sağlanır. Suyun türdeş dağılımını sağlamak için arazi yüzeyi düzeltimi (tesviye), eğer gerekiyorsa, yapılır. Tuzlu topraklar, genellikle, yıkanarak; alkali ve tuzlu-alkali topraklar ise uygun kimyasal uygulamasıyla birlikte yıkanarak iyileştirilir. Yıkama suyunun iyi nitelikli ve bol bulunur olması gerekir.

Türkiye'de çorak toprakların iyileştirilmesiyle ilgili çalışmalar, Sulu Ziraat Deneme İstasyonları'nda başlamıştır (Beyce, 1974). İlk araştırmalarda, çoraklığın giderilmesi için gerekli ölçütlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yıkama suyu ve kimyasal iyileştirici (türü ve miktarı) gereksiniminin saptanması için, ilk çalışmalarda, toprakların yıkanması çeltik gibi bitkilerin yetiştirilmesi ile sağlanmıştır. Daha sonraki yıllarda, o zamanki adıyla TOPRAKSU, şimdiki adıyla Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüleri'nde ve Ziraat Fakültelerinin Toprak ve Kültürteknik Bölümleri'nde konu ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Çorak toprakların iyileştirilmesi uzun zaman alan, zor ve maliyeti yüksek olan bir dizi işlemi gerektirir. Ayrıca, iyileştirme sonrası alınacak önlemler, başarıyı sürekli kılar; karşıt durumda, konu edinilen topraklar marjinal nitelikli olduklarından çok çabuk yeniden çoraklaşabilirler. Köy hizmetleri Araştırma Enstitüleri tarafından farklı bölgelerde yürütülen çalışmalardan elde edilen kimi sonuçlar, Sönmez (2004) tarafından özetlenerek verilmiştir. Çalışma sonuçlarının gösterdiğine göre, Türkiye`de sodyumluluğun iyileştirilmesi için gerekli jibs miktarı, 4-17 ton/ha, yıkama suyu ise 90-300 cm arasında değişmektedir. Tuzlu toprakların iyileştirilmesi için gerekli yıkama suyu miktarları ise 170-300 cm olarak saptanmıştır. Yıkamalarda, aralıklı göllendirme; kimyasalın ise tümünün bir defada, başlangıçta verilmesi önerilmektedir.

Topraklarda bulunan veya sulama sonucu oluşan tuzların neden olduğu toprak tuzluluğu, bitkiler üzerinde iki şekilde etkili olmaktadır. Birincisi, bitkilerin toprak çözeltisinden su alımını engelleyen toplam tuz etkisi veya ozmotik etki, ikincisi ise bitkilerdeki bazı fizyolojik olayları etkileyen toksik iyon etkisidir. Topraklarda bulunan fazla miktarlardaki değişebilir sodyum ise su geçirgenliği ve havalanmanın azalması gibi sorunlara neden olduğu için, bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Bresler ve ark.,1982; James ve ark., 1982).

Toprak tuzluluğu, bitkinin transpirasyonu ve solunumu yanında, su alımını ve kök gelişimini azaltmaktadır. Bunu sonucunda hormonal dengede yıkım meydana gelmekte, fotosentez azalmakta, nitrat alımı düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekte ve bitki boyu kısalmaktadır. Bu durum, bitkinin yaş ve kuru ağırlığını etkilediğinden çiçek sayısını azaltmakta ve verimim azalmasına neden olmaktadır (Sharma, 1980; Robinson ve ark., 1983; Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985).

(ii) Türkiye`de Çoraklık Problemi Görülen Alanlar

Türkiye`de sulamaya uygun olan 12.5 milyon hektarlık arazinin, il toprak kaynakları envanterine göre, yaklaşık 1.5 milyon hektarında tuzluluk ve alkalilik, 2.8 milyon hektarında ise drenaj sorunu bulunmaktadır. (Güngör ve Erözel, 1994). Bu durum Türkiye`de sulamaya uygun arazilerin yaklaşık % 32.5`inde tuzluluk, alkalilik ve drenaj sorunu olduğunu göstermektedir.

Toprakların tuzlulaşma ve alkalileşmesini sulama, drenaj, toprak özellikleri, fizyografya ve iklim gibi faktörler önemli ölçüde etkilemektedir. Bu faktörlerin uygun olduğu ve yoğun araştırmalar yapılan bazı ovalarımızdan olan Harran, Amik, Konya ve Aşağı Seyhan Ovalarının tuzlulukla ilgili bazı çalışma sonuçları aşağıda verilmiştir.

Harran Ovası: Drenaj sistemleri kurulmadan ve özellikle drenaj boşaltım sorunu çözümlenmeden aşırı miktarlarda yeraltı kuyu sularıyla yapılan sulamalar sonucu Harran Ovası`ndaki topraklarda tuzluluk önemli boyutlara ulaşmıştır. Alanda, tuzluluk sorunlarının artmasındaki diğer bir etken ise sulama sularının yeterli olmadığı dönemlerde kalitesi oldukça düşük olan drenaj sularının sulama amacıyla kullanılmış olmasıdır (Ergezer ve Ağca, 1995).

Harran Ovasında tuzluluğun yayılma olasılığının yürütülmesi amacı ile yapılan çalışmada, söz konusu serilerin kapladığı alanların önemli bir bölümünün tuzdan etkilendiği belirlenmiştir. Bu serilerden özellikle Akçakale, Ekinyazı ve Gürgelen serilerinin en çok etkilenen seriler olduğu gözlenmiştir. Bu serilerde topoğrafik yapı ve taban suyu seviyesine göre kısmen alkalileşmenin başladığı saptanmıştır. Çalışmada, 1995 yılında yapılan sulamanın tuzlu taban sularını yüzeye daha fazla yaklaştırmamasından dolayı tuzlulukta

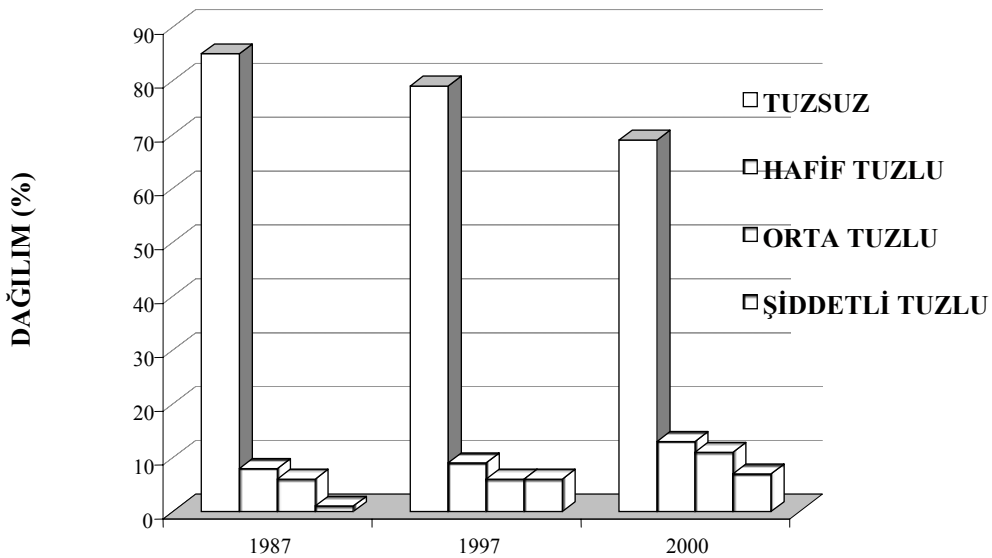
artışların meydana geldiği ifade edilmiştir. Söz konusu alanda yapılan analizler sonucunda toprakların kireç içerikleri % 13.39-48.97, KDK 17.65-46.39 me /100 g, pH 7.67-8.40, EC 0.316-19.15 dS/m, % çözünebilir tuz 0.01-1.14 ve ESP'leri ise 0.05-39.12 değerleri arasında olukları ölçülmüştür (Çullu ve ark., 2000a).

Harran Ovası Topraklarında sulamanın başlamasından sonra tuzdan etkilenen topraklardan alınan örneklerde hidrolik iletkenlik, strüktürel özellikler, kil minerallerindeki değişim ve tuz içerikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, sulama sonrasında strüktür stabilitesinde ve agregasyonda hafif bir bozulma belirlenirken, hidrolik iletkenlikte önemli bir azalma olduğu belirlenmiştir. Aynı alanın kil minerallerinde belirgin bir değişim gözlenmezken, tuz içeriğinde önemli artışlar saptanmıştır (Çullu ve ark., 2000b).

1987 yılında hazırlanan toprak haritası (Dinç ve ark., 1988) ve 1997 ve 2000 yıllarında yapılan tuzluluk haritasının GIS ortamında entegre edilmesi sonucunda tuzluluktaki değişim izlenmiş ve 2000 yılında Harran Ovası'nda toplam olarak 11403 ha tuzlu alan olduğu belirlenmiştir (Şekil 7) (Çullu ve ark., 2002).

Amik Ovası: Ova topraklarının tamamı hafif bazik reaksiyonlu olup, herhangi bir alkalilik sorunu bulunmamaktadır. Toprakların yaklaşık 2/3'ünün tuzsuz olduğu, tuzluluk sorunu olan toprakların tümü, hafif tuzlu topraklar sınıfına girdiği görülmektedir (Richards, 1954).

Tuz içeriğinin profildeki dağılımı incelendiğinde, hemen hemen tüm hat ve noktalarda 0-20 cm derinliklerde tuzluluk sorununun olmadığı görülmektedir. Ayrıca, her iki dönemde de, tuzlu olan topraklarda, tuz içeriğinin yüzeyden itibaren derinlikle birlikte arttığı görülmektedir. Özellikle Ekim döneminde tuz içeriğinin, yaz aylarındaki olası kapillar yükselme nedeniyle, yüzey katmanında artması beklenirken, tersinin olduğu görülmüştür. Bu durum birkaç nedenden kaynaklanmış olabilir. Bunlar; Antakya'da yıllık ortalama yağışın (1124 mm) yüksek olması, ortalama sıcaklığın (18.1 °C) çok yüksek, oransal nemin (% 69) ise çok düşük olmaması ve ayrıca araştırma alanında, pamuk tarımı nedeniyle, yazın yoğun sulamanın yapılması olarak sıralanabilir. Çalışma alanındaki yağışların büyük kısmı ve ilkbahar mevsimlerinde düşmektedir. Dolayısıyla bu dönemlerde, büyük olasılıkla, profildeki tuz yağışlarla profilin derinliklerine kadar yıkanmaktadır. Yazın ise, buharlaşmanın yüksek olmasına rağmen, hem sulama yapılması hem de oransal nemin çok düşük olmaması nedenleriyle, kapillarite ile tuzun aşağılardan yukarı doğru taşınması mümkün olmamaktadır. Bu durumu etkileyen diğer bir faktör de drenaj kanallarının yeterli olması olabilir. Amik ovasının Güney kısmında yapılan bir çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur (Ağca ve ark., 2000).



Şekil 7. Harran Ovası'nda 1987-2000 Yılları Arasında Tuzluluk Değişimi

Konya Ovası: Konya kapalı havzasının toplam yüzölçümü 4329969 hektardır. Havza topraklarının 509382 hektarında tuzluluk ve sodyumluluk, 623446 hektarında ise drenaj problemi mevcuttur (Topraksu, 1978).

Konya TİGEM arazilerinde yapılan bir çalışmada, toprakların tuzlulaşmasına ve yer yer sodyumlaşmasına yüksek taban suyu ve taban suyu tuz konsantrasyonunun etkili olduğu tespit edilmiştir (Çiftçi, 1987). Kara ve ark. (1991)'nin yaptıkları çalışmada Konya Ovası taban suyu derinliğinin 106-192 cm arasında değiştiği ve taban suyu tuz kalitesinin T3S1 olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca Kara ve ark. (1990). Konya Ovası'nda drenaj şebekesi sularıyla sulanan alanlardaki toprakların % 60'ından fazlasının tuzlu ve sodyumlu toprak özelliği kazandığını vurgulamışlardır.

Aşağı Seyhan Ovası: Aşağı Seyhan Ovası (ASO) kuzeyde 61 m kota sahip, batıda Berdan Nehri, güneyde Akdeniz ve doğuda ise Ceyhan Nehirleri ile çevrelenmekte ve 210000 ha genişliğe sahiptir.

Ovada yapılan taban suyu izleme 1010051 hektar alan üzerinde yapılmaktadır. Sulamanın en yoğun olduğu aylarda taban suyu 0-1 m arasında yer almaktadır. Drenajı bozuk olan bu alanlarda 36434 hektarda tuzluluk sorunu bulunmaktadır (Demir ve Antepli, 2004).

(iii) Tuzlulukla İlgili Çalışmalar

Tuzlulukla ilgili çalışmalar, daha çok, sorunlu toprakların iyileştirilmesi ile ilgili olarak ele alınmıştır. İyileştirme için gerekli ölçütlerin (yıkama suyu miktarı, yıkama süresi ve iyileştirici miktarı) saptanmasını amaçlayan araştırmalar, hemen tüm sulanır alanlarda; özellikle Köy Hizmetleri Araştırma Enstitülerinin konumlandırıldığı bölgelerde yapılmıştır. Örnek olması bakımında, Akbay ve Yıldırım (1976)'ın Alpu Ovası'nda, Yılmaz (1978)'in Yazıköy-Burdur Ovası'nda, Yılmaz(1980)'in Konya Ovası'nda, Yarpuzlu ve Doğan (1986b)'in Aşağı Seyhan Ovası'nda, Uzunoğlu ve Ağar (1992)'in Ankara-Sarayköy'de tuzlu-alkali toprakların iyileştirilmesi için gerekli ölçütlerin saptanmasına dönük çalışmaları verilebilir.

5. SONUÇ

Türkiye'de toprak ve su kaynaklarının kullanımına ilişkin çok sayıda sorun bulunmaktadır. Sulanabilir nitelikteki arazilerin ancak %17.57 kadarı sulanmaktadır. Bu, Türkiye'de sulanabilir arazilerin yaklaşık %82'sinin su beklediği anlamına gelmektedir.

Ayrıca, yüzey su kaynakları potansiyelinin %66.85'i, yeraltı suyu potansiyelinin ise %26.83'ü hala kullanıma sunulmamıştır. Doğal kaynakların tam olarak, kullanılmamasının ekonomik, teknik ve politik nedenleri bulunmaktadır. Öte yandan, havzalar arası su iletimi, projelerde önceliklerin iyi seçilememesi, uygulama sırasında ortaya çıkan ve büyük oranda su, toprak ve ürün kaybına neden olan kimi sorunlar da bulunmaktadır. Sulanan alanların genişlememesi koşuluyla, şu andaki su miktarı yeterli gözükmektedir. Ancak, yeni alanların sulamaya açılması durumunda, su kaynaklarının yetmeyeceği anlaşılmıştır. Yeni kaynakların, örneğin, atık veya tuzlu suların; iklimin uygun olduğu yerlerde tamamlayıcı sulama tekniklerinin kullanılması; tuza dayanıklı veya su geriliminden fazla etkilenmeyen yeni çeşitlerin bulunması gibi önlemlerin şimdiden alınması gerekmektedir.

Ülke düzeyinde bir araştırma planlaması olmadığından dolayı, Türkiye'de sulama bilimi ile ilgili araştırmalar, diğerlerinde olduğu gibi, ülke veya yöre gereksiniminden çok, özel meraktan kaynaklanarak yapılmaktadır. Kamu araştırma kuruluşlarındaki personel politikaları yanlış ve yetersizdir. Politik ortamdan önemli ölçüde etkilenmektedir. Personel seçiminde, uzmanlıktan çok, politik yeğlemeler etkin olmaktadır. Bunun sonucu olarak, elit olması gereken araştırma personeli yerine konunun uzmanı olmayan, güvenilirliği kuşkulu sonuçlar elde eden bir kitle ortaya çıkmaktadır. Üniversitelerde ekonomik ve sosyal nedenlerle nitelikli araştırma asistanı bulmak, her gün daha da güçleşmektedir.

Araştırmalar, yalnızca kamu kuruluşlarının desteği ile yürütülmektedir. Üretici ve özel sektör desteği, yok denecek ölçüde, azdır. Bu durumun, su ve toprak kaynaklarının, şimdilik, miktar olarak, üretimi sınırlayıcı etkiye sahip olmamasından kaynaklandığı düşünülebilir. Özel sektör, istediği kadar suyu ve toprağı hala çok kolay ve ucuz bulabilmektedir. Bir başka sorun, araştırma sonuçlarının uygulamaya aktarılması ile ilgilidir. Sonuçların, araştırmayı destekleyen kamu kuruluşlarınca bile yeterince kullanıldığı söylenemez. Sonuçlar, yerel kalmakta, benzer araştırma projeleri aynı yörede yinelenmektedir.

Ekonomik ve sosyal sorunların çözümü için doğal kaynakların akılcı biçimde kullanımı zorunludur. Toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesine ilişkin yatırımlardan yeterince ve etkin biçimde yararlanılması için projeler, oldukça iyi planlanmış bir sisteme dayandırılmalıdır. Toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesi kapsamında yer alan alt yapı yatırımlarının planlanması, uygulanması ve işletilmesinde, değinilen sistemlerden faydalananların düşünsel, fiziksel ve mali katılımlarının sağlanmasına önem verilmelidir. Sulama projelerinin başarısının mühendislik yapılarına ek olarak, proje alanındaki toprak-su-insan ilişkilerinin düzenlenmesine bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Türkiye'de üreticilerde aşırı sulama eğilimi olduğundan dolayı, hemen tüm sulama proje alanlarında drenaj sorunu bulunmaktadır. Anılan sorun, yaklaşık 3 milyon hektara yakın alanda ortaya çıkmıştır. Konya, değinilen sorunun en fazla bulunduğu ildir. Bunu Samsun, Sakarya, Antalya ve Bursa izlemektedir. Drenaj sorunun asıl nedeni sulama uygulamalarıdır. Sulamayla toprağı eklenen fazla suların topraktan uzaklaştırılmaması sonucu, drenaj sorunu ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde önemli sulama proje alanlarında drenaj sorunu yaşanmaktadır. Özellikle Aşağı Seyhan ve Harran Ovalarında değinilen sorun önemli boyutlara ulaşmıştır. Bugün, Harran Ovası'nda 40 bin hektardan fazla alan, yüksek taban suyu sorunu ile karşı karşıyadır.

Drenajla ilgili bilimsel çalışmalar, son yıllarda, yok denecek ölçüde azalmıştır. Daha önce, Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüleri'nde kimi proj alanlarında, drenaj ölçütlerinin belirlenmesi, mevcut sistemlerin çalışma performanslarının ölçülmesi gibi konularda

çalışmalar yapılmıştır. Drenaj Araştırmaları Grubu'nun kapatılması ile birlikte, değinilen çalışmalar durmuştur. Üniversitelerde ise ödenek ve elaman eksikliği nedeniyle, yoğun emek isteyen, drenaj araştırmalarına girilememektedir.

Sulamadan beklenen yararın sağlanması ve sürdürülebilir bir tarımsal üretim için tesviye, toplulaştırma ve drenaj sistemleri gibi, tarla içi geliştirme çalışmaları, sulama sistemleri ile birlikte ele alınmalı birbirlerine koşut biçimde inşa edilmeli ve birlikte işletmeye açılmalıdır. Drenaj sistemleri, bilimsel ölçütler kullanılarak planlanmalı, etkinliğinin sürdürülebilmesi için, drenaj kanalları sık sık temizlenmelidir. Derinlikleri, artırılmalı, tarla içi drenaj sistemlerinin çıkış ağzlarının kapanmamasına özen gösterilmelidir.

Drenaj sorunu, beraberinde, tuzluluk-alkalilik gibi çevresel sorunları da getirmektedir. Özellikle, sulama sonucu toprakların tuzlu ve alkali hale dönüşmesi, sulu tarımın uygulandığı bölgelerde güncel bir sorun haline gelmiştir. Geniş alanlar, üretim dışı kalmıştır. Türkiye'de il toprak kaynakları envanterine göre, yaklaşık 1.5 milyon hektarda tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır. Bu, sulamaya uygun arazilerin yaklaşık % 32.5'ine denktir.

Toprakların tuzlulaşma ve alkalileşmesini sulama, drenaj, toprak özellikleri, fizyografya ve iklim gibi etmenler, önemli ölçüde etkilemektedir. Değinilen etmenlerin uygun olduğu ve yoğun araştırmalar yapılan Harran, Amik, Konya ve Aşağı Seyhan Ovalarında tuzluk sorunu bulunmaktadır.

Halihazırda tuzlu-alkali alanlarda, özel önlemler alınarak üretim yapabilmenin olanakları araştırılmalıdır. Pahalı yatırımları gerektiren büyük boyutlu drenaj sistemleri yerine, üreticinin kolaylıkla uygulayabileceği daha basit drenaj sistemlerine gidilmelidir. Tuza dayanıklı yeni bitki tür ve çeşitlerinin eldesi için biyoteknolojik çalışmalar özendirilmelidir. Halofit bitkilerin kullanım alanları konusunda bilimsel çalışmalar hızlandırılmalı, özendirilmeli; böylece anılan bitkilerin tuzlu alanlarda üretilmeleri özendirilmelidir. Aşırı sulamanın önüne geçilmesi konusunda, su ücretlerinin belirlenmesinde bitki-alan yerine, su miktarını esas alan yaklaşıma bir an önce geçilmelidir. Drenaj kanallarından sulama yapmanın önüne geçmek için gerekli önlemler alınmalıdır.

Kynakça:

Ağca, N. Doğan, K., Akgöl, A., 2000. Ağca, N. K. Doğan ve A. Akgöl. 2000. Amik Ovası'nda Tuzluluğun ve Alkaliliğin Boyutları. MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 5 (1-2): 29-4.

Akbay, Ş., Yıldırım, B., 1976. Alpu Ovasında Tuz, Sodyum ve Borun Etkilemiş Olduğu Toprakların Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu, Jips Miktarı Ve Islah Süresi. Bölge TOPRAKSU araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel No. 131, Rapor Seri No. 90, Eskişehir, 44 s.

Altınbilek, D., Akçakoca, H., 1997. Innovative Approaches In Water Resources Development in The Southeastern Anatolia Project (GAP). Water Resources Development 13(4): 485-503.

Andırınhoğlu, A., 1993. The Performance Evaluation of A Linear Move Sprinkler Irrigation System. Çukurova University, Institute of Science, Irrigation and Drainage Eng. Department, Msc, Adana.

- Anonim., 1991.** Su Kalitesinin Kontrolünde Teknik Yöntemler. T.C. Resmi Gazete, 07.01.1991 tarihli, No.20748, Ankara.
- Aran, A., Kıvanç, F., 1989.** Relationships Between Water and Nitrogen on Wheat and Barley under Konya and Aksaray Plains Conditions. Bölge Topraksu Arş. Enst. Yay. 131(125), Konya, 51p
- Ayyıldız, M., 1959.** Ankara Şartlarında U.S.13 Melez Mısırın Su Tüketimi Üzerinde Bir Araştırma. A.Ü. Zir. Fak. Yay. No. 202. Ankara, 75 s.
- Bahçeci, İ., 1984.** Konya Ovası Kapalı Drenaj Projelene kriterleri. Köy hizmetleri Araş. Enst. Genel Yayın No. 96, Rapor Serisi No. 78, Konya, 39 s.
- Bahçeci, İ., 1995.** Tarla Fasulyesinde Tuz-Su ve Verim İlişkilerinin İrdelenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tar. Yap. ve Sul. Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana, 109 s.
- Balaban, A., Beyribey, M., 1991.** “Water Distribution and Water-Use Efficiencies in Konya-Alakova Pump Irrigation System”, *Doğa, Tr. J. of Agric. and Forestry*, 15: 24-34.
- Balçın, M., Ağırbaş, N., Karata, H., Güleç, H., ve Aydın, O., 2001.** Irrigation Performances of Irrigation Scheme of Artova-Çelikli Earth Dam. *Tokat Res. Inst.*, No: 117, Tokat
- Baştuğ, R., 1987.** A Study on the Defining the Water Production Function of Cotton Plant Under Çukurova Conditions. Unv. Of Çukurova Enst. Of Sci. Irr. And Drain. Dept. Ph. Thesis, Adana, 120 s.
- Bayrak, F., 1979.** Bafra Ovası Koşullarında Mısır Su Tüketimi. Topraksu Araşt. Enst. Yay. Genel No. 15, Rapor Seri No. 13, Samsun 30 s.
- Bayrak, F., 1989.** Bafra Ovasında Soyannın Fosfor-Su İlişkileri Ve Su Tüketimi. K.H. Araşt. Enst. Yay. No. 50,44. Samsun, 55 s.
- Bayrak, F., 1991.** “Water Conveyance Losses and Water application Efficiencies in the Irrigated Areas in Samsun Province”, *Samsun Res. Ins. Pub.*, No. 69/60, Samsun.
- Beyce, Ö., 1974.** Experiences in the reclamation of saline and alkali soils and irrigation water qualities in Turkey, FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome.
- Bilal, A., 1997.** The evaluation of irrigation performances for a drip irrigation system in a citrus orchard in Adana-Yakapınar district. MSc Thesis, Univ. of Çukurova, Institute of Science, Agric. Structure and Irrigation Dep. Adana, 62 s.
- Bower, C. A., 1969.** Properities and Amelioration of Sodic Soils Symposium on the Reclamation of Sodic and Soda Saline Soils. Yerevan. Budapest. 69-72.
- Bresler, E., Charter, D. L., 1982.** Saline and Sodic Soils. Springer Verlag. Principles-Dynamics-Modelling. Berlin Heidelberg, New York. 227.
- Çakırlar, H., Topçuoğlu, S. F., 1985.** Stress Terminology. Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği. Atatürk Üniversitesi. Çevre Sorunları Araş. Merkezi.
- Çakmak, B. ve Kendirli, B. 2001.** Tarımda Atık Su Kullanımı. Ziraat Mühendisliği Dergisi, Zir. Yük. Müh. Birliği Yayını sayı:332, Ankara, s. 31-37.

- Çetin, Ö., 1993.** Harran Ovası Koşullarında Farklı Su ve Azot Uygulamalarının Buğday Verimine Etkisi Ve Su Tüketimi. Bölge Topraksu Arş. Enst. Yay. 80(54), Şanlı Urfa 117 s.
- Çiftçi, N. 1987.** Konya Tigem Arazisinde Taban Suyu Toprak Tuzluluğu İlişkileri Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Üni. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Çullu, M. A., Almaca, A., Öztürkmen, A. R., Ağca, N., İnce, F., Derici, M. R., 2000a.** Harran Ovası Topraklarında Tuzluluğun Yayılma Olasılığının Belirlenmesi. T. C. Başbakanlık GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı.
- Çullu, M. Almaca, A., Çelik, İ., 2000b.** Degradation of The Harran Plain Soils Due To Irrigation.Proceedings of International Symposium on Desertification. Konya, s. 193-197.
- Çullu, M. Almaca, A., Çelik, İ., 2002.** Degradation of The Harran Plain Soils Due To Irrigation.Proceedings of International Symposium on Desertification. Konya- Turkey. 193-197.
- Demir, N., Antepli, S., 2004.** Aşağı Seyhan Ovası Sulaması Taban Suyu ve Tuzluluk Problemleri Değerlendirme Çalışması.. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu. 20-21 Mayıs Ankara.
- Demir, A.O., 1989.** Bazı Kararlı Akış Drenaj Eşitliklerinin Model Denemeleri ile Kendi İçerisinde Karşılaştırılması. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel No. 23, Rapor Seri no. 20, Erzurum, 59 s.
- Derviş, Ö., Özel, M., 1987.** Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra İkinci Ürün Soyannın Su Tüketimi. K.H. Araşt. Enst. Müd. Yay. Genel No. 139, Rapor Ser. No. 80. Tarsus, 44 s.
- Dinç, U.,S. Şenol, M. Sayın, S. Kapur, N. Güzel, R. Derici, M. Ş. Yeşilsoy, İ. Yeğingil, M. Sarı, Z. Kaya, M. Aydın, F. Kettaş, A. Berkman, A. K. Çolak, K. Yılmaz, B. Tunçgöğüs, V.Çavuşgil, H. Özbek, K. Y. Gülüt, C. Karaman, O. Dinç, N. Öztürk, E. E. Kara., 1988.** Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAT) 1. Harran Ovası. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Grubu Güdümlü Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu. Proje No:TOAG-534, Adana
- Dizdar, M. Y., 1978.**Türkiye’de Tuzdan Etkilenmiş Topraklar. Toprak Su Dergisi, 47, 36-57.
- DPT 1997.** Ekonomik ve Sosyal Sektörlerdeki Gelişmeler. DPT Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996-2000) 1997 Yılı Programı Destek Çalışmaları Ankara, 222 s.
- DPT. 2001.** Su Havzaları ve Yönetimi Özel komisyon Raporu. DPT Sekizinci Bes Yillik Kalkınma Planı (2001-2005). Ankara.
- DSİ 1997.** Devlet Su İşleri Haritalı İstatistik Bülteni. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Ankara.
- DSİ 1998.** DSİ'nin Tanıtımı. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü Dış İlişkiler Müşavirliği. Ankara, 29 s.
- DSİ 1999a.** Uzun Vadeli DSİ Stratejisi ve 2010 Eylem Planı. DSİ Bülteni Ek Sayı:451-452 Mart-Nisan 1999 Ankara, s. 53-65.

- DSİ 1999b.** DSİ Teknik Ajandası: "Özet Bilgiler". T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü. Ankara,
- DSİ., 1980.** Güneydoğu Anadolu Projesi. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel müdürlüğü Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- El-Ashry M. T. 1991:** Policies for Water Resource Management in Semi-Arid Regions. - International Journal of Water Resources Development 7 (4) 230 - 236.
- Ergezer, Ş., Ağca, N. 1995.** Harran Ovasının Sulanan Alanlarında Toprak, Sulama Suyu ve Taban Sularının Tuzlulukla İlgili Özellikleri ve Bunlar Arasındaki İlişkiler. Harran Ün. Zir. Fak. Der. 1(3), s. 91-108.
- Ertaş, M.R., 1980.** Evaluation of Water Conveyance losses and Water Application Efficiencies in Konya Irrigation Scheme. *Konya Res. Inst.*, No. 67/R, Konya, 53 s.
- Eylen, M., Tok, A., Kanber, R., Ertaş, R., 1994.** The Production Functions Of Irrigated Cotton Under Tarsus Climatic Conditions. Köy Hizmetleri Tarsus Araş. Enst. Genel Yay No: 189, Rapor Seri No: 123, Tarsus.
- Falkenmark M. Rockstrom J. 1993.** Curbing rural exodus from tropical drylands. *AMBIO*-0122 no 71993.
- FAO., 1988.** World Agriculture Toward 2000: A FAO Study N. Alexandratos (ed.) Bellhaven Press London 338 s.
- FAO., 2000.** Crops and Drops. Making the Best Use of Water for Agriculture: Production and Food Security. Agrifor. U.K.
- FAO., 2002.** The State of Food Insecurity In The World 2002 FAO Rome. Retrieved 15 October from www.fao.org.
- Feng, G. L. A. Meiri, J. Letey. 2003.** Evaluation A Model For Irrigation Management Under Saline Conditions: II. Salt Distribution And Rooting Pattern Effects. *Soil Science Soc. Am. Jour.* Vol: 67, s. 77-80
- Flowers, T.J., Garcia, A., Koyama, M., Yeo, A.R., 1997.** Breeding for salt tolerance in crop plants.the role of molecular biology. *Acta Physiol. Plant.* 19 (4):427–433.
- Ghassemi F. A. J. Jakeman and H. A. Nix.1995.** Salinisation of land and water resources. Centre for Resource and Environmental Studies. The Australian National University. Canberra ACT 0200. Australia.
- Günbatlı, F., 1979.** Tokat-Kazova Koşullarında Mısır Su Tüketimi. Topraksu Araşt. Enst. Yay. No. 33:21. Tokat, 44 s.
- Günbatlı, F., 1980.** Tokat-Kazıva Koşullarında Buğdayın Su Tüketimi. Bölge Topraksu Arş. Enst. Yay. 45(28), Tokat, 26 s.
- Güngör, H., Öğretir, K., 1980.** Eskişehir koşullarında lizimetrelerde yetiştirilen şekerpancarı, buğday, mısır ve patatesin su tüketimleri. Bölge Topraksu Arş. Enst. Yay. 156(115), Eskişehir, 32 s.

- Güngör, Y., Erözel, Z., 1994.** Drenaj ve Arazi Islahı. Ders Kitabı. Ankara Ün. Ziraat Fak. Ders Kitabı.
- Hamdy A. Lacirigniola C. 1999.** Mediterranean Water Resources: Major Challenges Towards the 21st Century. CIHEAM IAM-B March 1999 Tecnomack-Bari Italy, 570 s.
- Howell T. A. S. R. Evett and J. A. Tolck. 2001.** Irrigation Systems and Management to Meet Future Food Fiber Needs and to Enhance Water Use Efficiency. USDA-ARS Water Management User Unit Bushland Texas USA.
- IFPRI., 2004.** Water and Food to 2025. Policy Responses to Threat of Scarcity.
- James, D. W., R. J. Hanks And J. J. Jurmak., 1982.** Modern Irrigated Soils. John Wiley and Sons New York, 235 s.
- Kanber , R., Tekinel, O., Baytorun, N., Önder, S., ve Ark., 1991.** The Possibilities of Free Water surface Evaporation for Using Irrigation Program and Evapotranspiration of Cotton under Harran Plain Conditions. Prime-minister of Turkish Republic, Chairmanship of Southeastern Anatolia Project Authority, Pub. 44, Adana, 38 s.
- Kanber R. Ünlü M. Çakmak E. Tüzün M. 2004.** Irrigation Systems Performances. Country Report: Turkey. Wasamed Project Adana 118 s.
- Kanber, R. (Edit)., 1982.** Türkiye’de Sulanan bitkilerin Su tüketim Rehberi. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Yay., No. 718, Ankara, 630 s.
- Kanber, R., Kırdı, C, Tekinel, O., 1992.** Sulama Suyu niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yay. No. 21, Ders kitapları Yay. No. 6, Adana, 341 s.
- Kanber, R., Köksal, H., Güngör, H.,. 1993.** Su Tüketiminde Tasarruf Sağlayan Yöntem Ve Teknikler. “ Sulama Teknolojisinde Yeni Gelişmeler. Edit By S.Şener.” KHGM. Pup. No.76, P.102-123. Ankara
- Kanber, R., Önder, S, Ünlü, M., Köksal, H., Özekici, B., Sezen; S. M., Yazar, A., and Koç, K., 1996.** The Optimization of Surface Irrigation Methods Which are Used For Cotton Production and Their Comparison with Sprinkler Irrigation. Final Report for Prime Ministry of Turkey, GAP-RDA, No: 18, GAP Pub., No: 96, General No: 155, Adana,
- Kanber, R., Ünlü, M., 2003.** Field Irrigation in Turkey. ICCAP Konferansları, Tskuba Üniversitesi, Tokyo-Japonya, 26 s..
- Kanber, R., Yazar, A., Eyllen, M., 1990.** Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra Yetiştirilen İkinci Ürün Mısırın Su-Verim İlişkileri. K.H.Araşt. Enst. Yay. No. 173,108. Tarsus, 77 s..
- Kara, M., Çiftçi, N., Şimşek, H., 1990.** Konya-Çumra-Çandır Mevkii Arazilerinde Taban Suyu Hareketi ve Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi Araş. Fonu. Proje no: ZF 88/079.
- Kara, M., Çiftçi, N., Şimşek, H., 1991.** Selçuk Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Çomaklı Arazisinde Taban Suyu Karakteristikleri ve Tarla İçi Drenaj Kriterleri Tespiti Üzerine Bir Araştırma.. Selçuk Üniversitesi Araş. Fonu. Proje no: ZF 897124.

- Kara, T., Arslan, H., 2004.** Bafra Ovası Sulama alanında Tabansuyu ve Tuzluluk Araştırması. Sulanan alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel müd., 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, s. 89-96
- Karaata, H., 1987.** Harran Ovasında Buğdayın Su Tüketimi. Bölge Topraksu Arş. Enst. Yay. 42(28), Şanlı Urfa, 34 s.
- Kaya A. 1994.** Türkiye Yeraltı Suyu Potansiyeli ve Kullanımı. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü 40'inci Kuruluş Yılı (1954-1994) Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri Ankara Cilt.2 s. 901-910.
- Kayasseh, M., Schenk, C., 1989:** Reclamation of Saline Soils Using Calcium Sulphate from the Titanium in Industry-Ambio 18 (2) 124 - 127.
- Kendirli, B. Benli, B., 2001.** Türkiye'de Su Kalitesinin İzleme ve Değerlendirilmesi. Ziraat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 331, Ankara, s. 14-24.
- Kılınçer, N., Çakmak, İ., Eriş, A., Kanber, R., Kınacı, E., Yurdakul, O., 2002.** TÜBİTAK'ın Tarım Sektörüne Yönelik Yaklaşım Ve Politikalarını Belirlemesine İlişkin Yapılan Değerlendirme Çalışması. TÜBİTAK-TOGTAĞ, Çittage Raporu. Basılmamış. Ankara, 146 s
- Kırda, C., Kanber, R., Tülücü, K., Güngör, H., 1999.** Yield Response of Cotton, Maize, Soybean, Sugarbeet, sunflower and Wheat to Deficit Irrigation. "Crop yield Response to Deficit Irrigation. Edit. C. Kırda, P. Moutonnet, C. Hera, ve N.R.T. Nielsen" Chap. 2., Kluwer Academic Pub., London, s. 21-38.
- Kulga, D., 1994.** Su Kaynakları Yönetiminde Dünyadaki Yeni Gelişmeler ve Türkiyedeki Durum. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü 40'inci Kuruluş Yılı (1954-1994) Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri Ankara Cilt 1 s. 93-106.
- Kumova, Y., Yarpuzlu, A., 1987.** Drenaj Boru ve Zarf Malzemelerinin Arazi Koşullarında Karşılaştırılması. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel No. 140, Rapor Seri no. 81, Tarsus, 48 s.
- Lal, R., 1991.** Current research on crop water balance and implications for the future. In: Soil Water Balance in the Soudano Sahelian Zone. Eds.
- Madanoğlu, K., 1977.** Orta Anadolu Koşullarında Buğday (Yektay 406) Su Tüketimi. Merkez Topraksu Araşt. Enst. Yay., 52(19), Ankara, 67 s.
- Oğuzer, V., Önder, S., 1988.** Urfa-Harran Ovası Koşullarında Soya Bitkisinin Karık ve Yağmurlama Sulama Yöntemlerinin Proje Ölçütlerinin İrdelenmesi. 3. *Kültürteknik Kongresi*, 20-23 Eylül 1988, No: 1, Adana, s. 273-284
- Oğuzer, V., Yılmaz, E., 1991.** Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Yerli ve Yabancı Kökenli Bazı Damlaticıların Hidrolik Özellikleri Üzerine Bir Çalışma. *Doğa-Tr. J. of Agricultural and Forestry*, No: 15, 121-128
- Oylukan, Ş. 1970b.** The Obtaining of Irrigation Efficiencies for Eskişehir-Alpu Irrigation Scheme. *Eskişehir Res. Inst. No. 67/R*, Eskişehir, 40 s.

- Oylukan, Ş., 1970a.** Nem Azalma Metoduna Göre Çeşitli Mahsullerin Su İstihlaklerinin Tesbiti Araştırması. Bölge Topraksu Arş. Enst. Yay. 53, Eskişehir, s. 12-13.
- Oylukan, Ş., 1972a.** Buğday Ve Şekerpancarı Mahsullerinde Sulama Metodlarının Mahsul Verim Ve Maliyeti Üzerine Tesirlerinin Tesbit Araştırması Sonuç Raporu (1967-1970). Bölge Topraksu Araşt. Enst. Yay., No. 61, Eskişehir, 19 s.
- Oylukan, Ş., 1972b.** Lizimetre İle Çeşitli Mahsüllerin Su Sarfiyatlarının Tesbiti Denemesi Sonuç Raporu. Topraksu Araşt. Enst. Yay. No. 53. Eskişehir, 22 s.
- Oylukan, Ş., Güngör, H., 1976.** Orta Anadolu Da Mısırın Su Tüketimi. Topraksu Araşt. Enst. Yay. Genel No. 129, Rapor Seri No. 88, Eskişehir, 43 s.
- Ödemiş, B., 2001.** Farklı Nitelikteki Sulama Sularının ve Yıkama Oranlarının Pamuk Bitkisinin Değişik Gelişme Dönemlerindeki Etkilerinin İrdelenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tar. Yap. ve Sul. Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana, 211 s.
- Öğretir K. 1981.** Çifteler DSİ Sulama Şebekesinde Su İletim Kayıpları ve Sulanır Alanlarda Su Uygulama Randımanları. TOPRAKSU Arş. Enst. Yay. 265 124. Eskişehir, 45 s.
- Önder, S., Kanber, R., Köksal, K., 1992.** Different Approaches which are used for obtaining the performance of Furrow irrigation methods. *Fourth International Congress on Irrigation and Drainage Eng. (Kültürteknik)*, 24-26/6/1992. Erzurum,
- Özer, N., Aslan, C., 2004.** Tarımsal Drenaj Çalışmaları, Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler kitabı. , 20-21 Mayıs 2004, Ankara, s.59-68.
- Özer, N., Demirel, A.F., 2004.** Şanlıurfa ve Harran Ovalarında Taban Suyu ve Tuzluluk Problemleri. Sulanan alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, s.157-162
- Öziş, Ü., 1994.** Su mühendisliği Tarihi Açısından Türkiye'deki Eski Su Yapıları. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü 40 ıncı Kuruluş Yılı (1954-1994) Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı, Ankara, 203 s.
- Özkaldı, A., Boz, B., Yazıcıoğlu, V., 2004.** GAP'ta Drenaj sorunları ve Çözüm Önerileri. Sulanan alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, s.97-106
- Öztürk, A., 2004.** Tuzluluk ve Sodyumluluğun Oluşumu, Bitki ve Toprağa Etkileri, Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildirileri, 20-21 Mayıs 2004, Ankara, s.1-16.
- Ponnamieruma, P.N., 1984.** Role of cultivars tolerance in increasing rice production on saline land. In: Staples R.C. Toenniessen G.H. (Eds.) Salinity tolerance in plants—strategies for crop improvement. Wiley New York, s. 255–71.
- Postel, S. L., Daily, C. D., Erlich, P. R., 1996.** Human Appropriation of Renewable Fresh Water Science. Vol. 271. No. 5250. Issue 9. American Association for the Advancement of Science. s. 785-799.
- Rhoades J. D., 1987:** The Problem of Salt in Agriculture. - Yearbook of Science and the Future. Encyclopaedia Britannia Chicago.

- Rhoades, J.D., Kandiah, A., Mashali, A. M., 1992.** The Use of Saline Waters for Crop Production, FAO Irrigation and Drain Paper No: 48, Rome,131 s.
- Richards L.A. 1954.** Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils . U.S. Dept. Agr. Handbook. 60 s.
- Robinson, S.P., Downton, W, J, S., Millhouse, J. A., 1983.** Photosynthesis and Ion Content of Leaves and Isolated Chloroplasts in Relation to Ionic Compartmentation in Leaves. Agric. Biochem. Biology. 228:197-206.
- Rockström, J., 2003.** Resilience Building and Water Diment Management for Drouth Mitigation. Physics and Chemistry of the Erath.v. 28: 869-877.
- Sarıkaya, Z., 1994.** Arıtılmış Atıksuların Sulamada Kullanımı. 40'ıncı Kuruluş Yılı Su Ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri, ed. DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 477-494.
- Sayın S. Döker E. Çevikbaş R. Bal M. 1993.** Türkiye'de Sulu Tarım Yatırımlarına ve İşletme-Bakım Faaliyetlerine Çiftçi Katılımı İnceleme Raporu (Ulusal Çalışma Grubu) Ankara 38 s
- Sevim, Z., 1988.** Erzurum Koşullarında Buğdayın Su Tüketimi. Köy Hizm. Araşt. Enst. Yay., No. 19(16), Erzurum. 49 s.
- Sezginer Y. Güner R. 1994.** Su Kaynakları Geliştirme Projelerinin Gerçekleştirilmesinde Uyumsuzluk Sorunları. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü 40'ıncı Kuruluş Yılı (1954-1994) Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri Ankara Cilt. 1 s.123-138.
- Sharma, D. P., 1980.** Effect of Using Salinity Water to Supplement Canal Water Irrigation on The Crop Growth of Rice. Curr. Agr. 4, 79-82.
- Sharma, D.P., Rao, K.V.G.K., Singh, K.N., Kumbhare, P.S., 1993.** Management of subsurface saline drainage water. Indian Farming 43 15±19.
- Sharma, D.P., Rao, K.V.G.K., Singh, K.N., Kumbhare, P.S., 1994.** Conjunctive use of saline and non-saline irrigation waters in semi-arid regions. Irrig. Sci. 15 25±33.
- Söğüt, A., 1986.** Irrigation Performance of Drip Irrigation Systems which are Used for Orchard Irrigation. MSc Thesis, Univ. of Çukurova, Institute of Science, Agric. Structure and Irrigation Dep. Adana, 51 s.
- Sönmes, B., Açar, A., Bahçeci, İ., Mavi, A., 1996.** Türkiye Çorak Islahı Rehberi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı, Yayın No. 93, Ankara, 126 s.
- Sönmez, B. ve Yurtseven, E., 1995.** Değişik tuzluluk ve SAR değerlerine sahip suların toprak tuzluluğu ve sodyumluluğu ile domates bitkisinin gelişimine ve verimine olan etkileri. KHGM Toprak ve Gübre Araşt. Enst.Md. Genel Yayın No.202, Ankara.
- Sönmez, B., 2004.** Türkiye'de Çorak Islahı Araştırmaları ve tuzlu Toprakların Yönetimi. Sulanan alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, s.157-162

- Szabolics, I., 1985.** Salt Affected Soils As World Problem. Proceeding of the International Symposium on The Reclamation of SaltAffected Soils.
- Şener S. 1976.** Menemen Ovası Sulama Şebekesinde Su Naklinde Meydana Gelen Kayıplar Üzerinde Araştırmalar. TOPRAKSU Arş . Müd. Yay. 47 25. Menemen İzmir 90 s.
- Şimşek, H., 1992.** A Study on the Field Irrigation Efficiencies in the Niğde-Misli Plain. *Proc. Of IV. National Congre for Agric. Struc. And Irrigation*, 24-26 Haziran 1992, Erzurum. s.161-174
- Tarı, A.F., 1998.** The Evaluation of Performances of Sprinkler Irrigation Systems Used in Konya-Ilgın Plain. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Ankara, s. 220-238,
- Tekinel O. 1999.** Participatory Approach in Planning and Management of Irrigation Schemes (Turkish Experiences on Participatory Irrigation). Advanced Short Course on Integrated Rural Water Management: Agricultural Water Demands. CIHEAM IAM-B 20 September – 2 October 1999 Adana, s.189-217.
- Tekinel, O., Kanber, R., 1979.** Çukurova Koşullarında Kısıntılı Su Uygulama Durumunda Pamuğun Su Tüketimi Ve Verimi. Tarsus Bölge Topraksu Ens. Müd. Yay., Gen. No. 98, Rap. No. 48, Tarsus, 39 s.
- Tekinel, O., Kanber, R., Çetin, M., Yalbuздаğ, O., Özbek, Y., Aktaş, Ş., 1994.** Su kaynaklarının Geliştirilmesi. Türkiye Ziraat Mühendisliği IV Teknik Kongresi. 4.2.2 inci Seksiyon, Ankara.
- Tekinel, O., Kanber, R.,1987.** Sulamada tuzluluk ve drenaj. Ç.Ü. Zir. Fak. Seri Konf. Osmaniye, 9 s.
- TOPRAKSU., 1978.** Türkiye Arazi Varlığı. Topraksu Genel Müdürlüğü Toprak Etüdlere ve Haritalama Daire Başkanlığı. Ankara. 55 s.
- Uçar, A., 1994.** Evaluation on the Performance of Mini-Sprinkler That Is Established In an Orchard At The Çukurova Region. MSc Thesis, Univ. of Çukurova, Institute of Science, Agric. Structure and Irrigation Dep. Adana, 62 s.
- Uzunoğlu, S., 1991.** Ankara Yöresinde Mısırın Su Tüketimi. Top. Güb. Araşt. Enst. Yay. No. 172, R.64. Ankara, 26 s.
- Uzunoğlu, S., 1992.** Ankara Yöresinde Buğdayın (Gerek 79) Su Tüketimi. Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Yayınları, Genel Yayın No. 183, Rapor Seri No. 102, Ankara, 23 s.
- Uzunoğlu, S., Açar, A., 1992.** Tuzlu-Sodyumlu Topraklarda Kullanılan Çeşitli Islah Maddelerinin Toprağın Fiziksel Özelliklerine Etkisi. Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Yayınları, Genel Yayın No. 180, Rapor Seri No. 100, Ankara, 30 s.
- Yakan, H., Kanburoğlu, S., 1992.** Kırklareli Koşullarında Buğdayın Su Tüketimi. Bölge Topraksu Arş. Enst. Yay. 30(26), Kırklareli, 37 s.
- Yarpuzlu, A., Doğan, D., 1986a.** Tarsus Ovası Kapalı Drenaj Projeleme Kriterleri. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel No. 115, Rap. Seri No. 65, Tarsus, 37 s.

- Yarpuzlu, A., Doğan, D., 1986b.** Aşağı Seyhan Ovası Tuzlu sodyumlu Topraklarının Islahı için Gerekli Jips, yıkama Suyu miktarı ve Yıkama Süresi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel No. 116, Rapor Seri No. 66, Tarsus, 48 s.
- Yavuz, M.Y., 1984.** Aşağı Seyhan Ovası Sol Sahilinde Bulunan Beton Kaplamalı Kanallarda Sızan Su Miktarlarının Belirlenmesi. .Ü.Fen Bilimleri Enst. Kültürteknik Ana Bilim Dalı Yük. Lis. Tezi, Adana, 45 s.
- Yavuz, M.Y., 1993.** Farklı Sulama Yöntemlerinin Pamukta Verim ve Su Kullanımına Etkileri. .Ü. Fen Bilimleri Enst. Tar. Yap. Ve Sul. Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana, 196 s.
- Yılmaz, T., 1978.** Yazı-Köy Burdur Tuzlu-Sodik ve Borlu Topraklarının Islahı için Gerekli Jips ve Yıkama Suyu Miktarı ile Yıkama Süresinin Saptanması. Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel No. 57, Rapor Seri No. 43, Konya, 40 s.
- Yılmaz, T., 1980.** Konya Ovası Tuzlu ve Borlu Alüviyal Topraklarının Islahı için Gerekli Yıkama Suu Miktarı ve Yıkama Süresinin Saptanması. Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel No. 63, Rapor Seri No. 49, Konya, 39 s.
- Yudelman, M., 1994.** Feeding the world. Int. Irrig. Manage. Institute Rev. 8 (1) 4±15. R.K. Pandey et al. / Agricultural Water Management 46 (2000) 1±13 13.
- Yurdakul O. Bek Y. Abak K. Fenercioğlu H. vd. 1991.** 2000’li Yıllarda Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesinin Araştırma Hedefleri. .Ü.Zir.Fak. “2000’li Yıllarda Araştırma Hedefleri” Komisyon Raporu. Adana, 24 s.
- Yurtseven, E., 1997.** Ülkemiz Nehir Su Kaynaklarının Kalite Değerlendirmesi.VI. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 5-8 Haziran 1997, Kirazlıyayla, Bursa, s. 453-459
- Yurtseven, E., A. Ünlükara, K. Demir, G.D. Kesmez, 2001b.** Sebze tarımında tuzlu suların kullanım olanakları. 1. Ulusal Sulama Kongresi Bildiriler Kitabı, 8-11 Kasım 2001, Antalya/Belek, s. 208-214.
- Yurtseven, E., Baran, H.Y., 2000.** Sulama suyu tuzluluğu ve su miktarının Brokkolide (*Brassica oleracea botrytis*) verim ve mineral madde içeriğine etkisi. DOĞA Tr. J. Agric. For. 24:185-190.
- Yurtseven, E., Bozkurt, D. O., 1997.** Sulama suyu kalitesi ve toprak nem düzeyinin marulda verim ve kaliteye etkisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi. 3(2):44-51.
- Yurtseven, E., Halloran, N.D., Demir, K., Kütük, C., Kasım, M.U., 1999a.** Farklı gelişme dönemlerindeki tuzluluk koşullarının domateste vejetatif gelişme ve verime etkisi. VII.Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 11-14 Kasım 1999, Kapadokya, s.188-198.
- Yurtseven, E., Öztürk, A., Kadayıfçı, A., Ayan, B., 1996.** Sulama suyu tuzluluğunun Biberde (*Capsicum annuum*) farklı gelişme dönemlerinde bazı verim parametrelerine etkisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi. 2(2):5-9.
- Yurtseven, E., Parlak, M., Demir, K., Öztürk A., Kütük, C., 1999b.** Turp (*Raphanus sativus, L.*) bitkisinde farklı sulama suyu tuzluluğu ve Ca/Mg oranı uygulamaları. I. Bazı verim parametrelerine etkisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi. 5(3):28-34.

Yurtseven, E., Ünlükara, A., Top, A., Tek, A., 2001a. Tuzluluğun ve sulama aralığının kolzada (*Brassica napus oleifera*) verime ve gelişmeye etkisi. I. Ulusal Sulama Kongresi Bildirileri Kitabı, 8-11 Kasım 2001, Antalya /Belek, s.215-219.