



Harran Ovasında Kontrollü ve Kontrolsüz Drenaj Uygulamalarının Su Tablası Hidrografına Etkileri

İdris BAHÇECİ^{1*}

¹Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü/Şanlıurfa

*Sorumlu yazar: bahceci@harran.edu.tr

Öz

Harran ovasında 50 bin hektardan fazla bir alana serbest akışlı denetimsiz, yüzeyaltı drenaj sistemleri döşenmiştir. Oysa son zamanlarda yüzeyaltı horizontal drenaj sistemlerinde su tablası denetimi ile aşırı su kaybını önlemek için dünyanın her tarafında kontrollü drenaj sistemleri inşa edilmektedir. Su tablası denetimi sulama suyu tasarrufu için büyük bir fırsat sunmaktadır. Bu uygulama ile toplayıcı dren çıkışlarına yükselticiler monte edilerek su tablası düzeyi yükseltilmektedir. Böylece, bitkiler taban suyundan beslendikleri için, hem sulama suyu ihtiyacı, hem de drenaj suyu miktarı azalmaktadır. Böylece, küresel ısınmanın giderek sorun olduğu günümüzde su tasarrufu sağlamaktadır. Ancak, yüksek su tablası toprakların tuzlanmasına neden olma riski taşımaktadır. Bu çalışma ile ovadaki mevcut drenaj sistemlerinde biri serbest akışlı, ikisi denetimli üç toplayıcı drenin (kollektör) etki alanları izlenmiştir. İzleme çalışmalarında sulamalardan sonra taban suyu düzeylerinin zamansal değişimleri ve etki alanlarındaki tuzluluk değerleri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Drenaj yönetimi, Kontrollü drenaj, Serbest akışlı drenaj, Harran ovası

The Effect of Controlled and Uncontrolled Drainage Management on the Water-Table Hydrographs in Harran Plain

Abstract

In Harran Plain more than 50 000 ha of agricultural land are covered by subsurface drainage systems. These systems have positive impacts in controlling water logging and soil salinity, but need to be managed properly. This provides a large opportunity for more irrigation water saving by proper management of these existing systems. In recent years, controlled drainages have been constructed in the irrigated areas to prevent excessive water losses in horizontal drainage systems in the world. With this application, the flows of drains are being monitored, water losses as drainage water are reduced with by mounting raising bed the outlet of collectors. The need for plants for irrigation water is decreased when they benefit from ground water. With this study, drainage systems were monitored by mounting control and measurement structures to outlets of the collectors. The impacts of different drainage systems on Stalination and watertable depth in the Harran plain were determined. Controlled drainage systems and free flow systems were compared in terms the change of water table depth.

Key words: Drainage management, Controlled drainage, Free flow drainage, Harran plain

Giriş

Drenaj sularının miktarı ve kalitesi, sulama-çevre ilişkilerinde önemli bir parametredir. Eğer drenaj suyu, tuz ve kirlilik yükü bakımından kabul edilebilir bir düzeyde

ise, bu uygulama sorun yaratmayabilir. Ancak yine de, drenaj suyunun etkisini minimize etmek için, miktarı ve tuz yükü azaltılmalıdır. Drenaj suyu miktarı, ya fazla suların drenaj kanallarına akması önlenerek veya drenaj suyunun yeniden kullanılmasıyla azaltılabilir.

Birincisinde sistemler yüzlek (sığ) drenler şeklinde veya denetimli sistemler şeklinde tasarılanarak, daha az suyun drene olması sağlanır. İkincisinde ise drenaj suları pompajla veya eğimin yeterli olduğu yerlerde sulama kanallarına verilir. Yüzlek drenlerin döşendiği sistemlerde su tablası düzeyi yılın her döneminde yüksek olacağından, toprağın tava gelmesi ve tuzlanma sorun olabilir. Onun için su tablasının denetlenebildiği kontrollü drenaj drenaj uygulamaları giderek yaygınlaşmaktadır. Kontrollü drenajda, su düzeyi istenen şekilde denetlenebildiğinden, bu sayılan olumsuzluklar ortadan kalkar veya önemli düzeyde azaltılabilir.

Kontrollü drenaj Kuzey Karolina eyaletinde 1970'ten beri uygulanmaktadır. Yapılan çalışmalar, uygun planlanan ve dikkatli yönetilen sistemlerde su kalitesinin iyileşeceğini göstermiştir (Evans ve ark., 1996). Bu eyalette 1989 yılına kadar 60 bin hektar alanda 2500 kontrol yapısı inşa edilmiştir. Ayersve ark., (2006) sulanan alanlarda su tablasının değişik tipteki kontrol yapıları ile etkili bir şekilde denetlenebileceğini bildirmektedirler.

Kontrollü drenajla su tablası istenilen zamanda istenilen derinlikte tutulabilir. Farklı dönemlerdeki su tablası derinlikleri için yerinde yapılmış çalışmaların önemi büyüktür. Dayem ve Ritzema (1990), Nil Deltasında iki dren orta noktasında mevsimlik ortalama su tablası derinliğinin 1.0 m olmasının uygun olduğunu, Oosterbaan ve Abu Senna (1990) ise, mevsimlik ortalama su tablası derinliğinin 1.2 m'den daha derin olması durumunda, su kayıplarının arttığını ve sulama etkinliğinin azaldığını belirtmektedirler. Evans ve ark., (1987) su tablası yönetim sistemlerinin dikkatli bir şekilde planlanıp yönetilmesiyle su kalitesinin iyileştirilebileceğini, Madramoto ark. (1992) ise, su tablasının 60-80 cm arasında tutulduğu

bir lizimetre çalışmasında, soya fasulyesinden geleneksel drenaj sistemlerine göre daha yüksek verim elde edildiğini belirlemişlerdir.

Su tablasının denetlenerek bitkilerin taban suyundan yararlanmasının sağlanabileceğini belirten Namken ve ark., (1969) 0.9 m derinlikteki yer altı suyunun, Hutmacher ve ark., (1996) 1.10 m derinlikte tuzluluğu 15 dS m⁻¹olan suyun bitkiler tarafından kullanıldığını, Grimes ve Hendersen (1984), tarla çalışmalarında taban suyundan bitkilerin yararlanabilmesinin derinliğine ve tuz içeriğine bağlı olduğunu bildirmektedirler.

Foussve ark., (2002), dren çıkışlarında yapılan kontrol yapılarıyla, su tablasının yetiştirme döneminde 0.60-0.75 m'den daha derine düşmemesi gerektiğini, kontrollü drenaj uygulamasında kök bölgesindeki tuz birikiminin göz önüne alınmasının önemli olduğunu, yapılan birçok araştırmanın dikkatli bir su yönetimi ile tuz birikiminin yönetilebileceğinin olanaklı olduğunu belirtmişlerdir. Bahçeci ve ark., (2008) Harran ovasında dren çıkışlarının yetiştirme döneminde %75 oranında kontrol edilmesinin toprakta önemli bir tuz birikimine neden olmayacağını, Ramoska ve ark., (2009) kontrollü drenajla su tablasının drenler üzerinde maksimum 69 cm yükselmesine izin verildiği bir sistemde drenaj akış süresinin yıllık olarak %40-62'ye kadar azalacağına değinmişlerdir.

Dünyada drenaj sistemlerinin yönetilmesine ilişkin araştırma ve uygulama çalışmalarının giderek yaygınlaşmasına karşın, ülkemizde bu konuya yönelik çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu çalışma ile ovadaki mevcut drenaj sisteminde etkili dren derinliğini değiştirilmesinin, su tablası hidrografi drenaj suyu miktarı ve toprak tuzlanması üzerine etkileri belirlenmiştir.

Materyal ve Metot

Araştırma yeri

Araştırma, Harran ovasında, Harran ilçesinin 15 km güney doğusunda yer alan Gürgelen Köyü arazilerinde yürütülmüştür.

Deneme alanı topraklarının özellikleri

Topraklar kil bünyeli olup kil oranları yaklaşık %40-55, kireç oranları ise %25-40 arasında değişmektedir. Strüktürel yapıları gelişmiş orta ve yüksek geçirgenliğe sahiptirler.

Denemeler serbest drenaj ve iki ayrı kontrollü drenaj alanında yürütülmüştür. Drenaj deneme alanlarında hidrolik iletkenlik, 100 cm derinlik için 1.0 m gün^{-1} , 180 cm derinlik için 0.75 m gün^{-1} olarak bulunmuştur.

Araştırma yerinin iklimi

Araştırma yeri yazları kurak ve sıcak, kışları orta düzeyde yağış alan Akdeniz iklimi ile karasal iklim arasındaki geçiş bölgesinde yer almaktadır. Buharlaşma değerleri yüksek, oransal nem ve yağışlar ise düşüktür. Kurak-yarı kurak iklim özelliklerine sahiptir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme yerine ilişkin uzun yıllık iklim verileri (DMI, 2012)

Table 1. Experiment ground's long years of climate data (DMI, 2012)

Meteorolojik veriler	Aylar												Yıllık
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Ort. yağış (mm)	19.6	42.0	61.4	65.8	63.3	59.5	26.9	22.6	3.5	0.1	-	0.5	365.2
Ort. sıcaklık (°C)	18.2	10.1	6.0	4.9	6.0	10.0	15.2	21.7	27.9	31.3	29.8	25.3	17.2
Ort. nisbi nem (%)	45	60	72	69	64	58	58	42	33	34	40	38	51
Buharlaşma (mm)	151.9	50.6	.	.	.	52.0	116.8	199.3	314.5	376.0	337.9	249.8	1848.8

Yöntem

Denemenin kurulduğu drenaj sistemi yaklaşık 2 yıl önce inşa edilmiş olup, dren derinlikleri 1.70-1.80 m arasında değişmektedir. Projede üç deneme konusu ele alınmıştır. Bunlar;

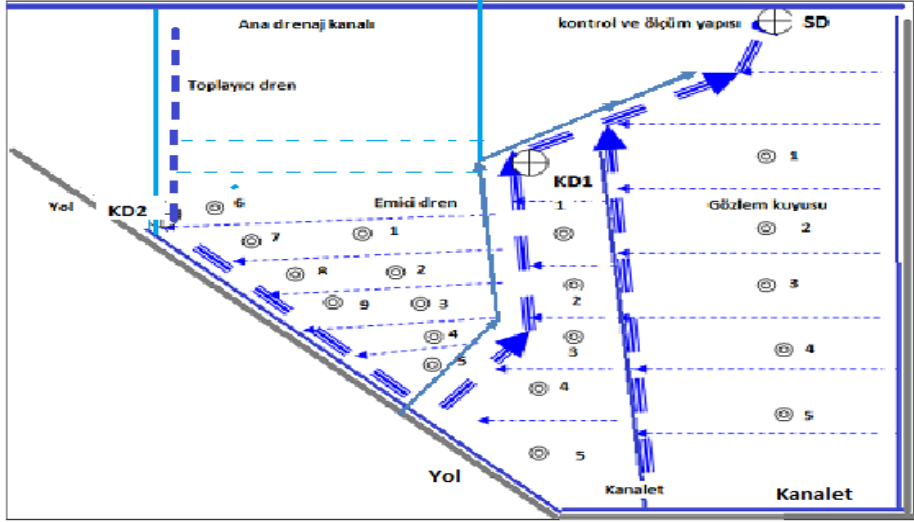
1-SD, Serbest Drenaj; tasarımlama drenaj derinliği

2- KD1, Kontrollü Drenaj-1; etkili dren derinliğinin sulama mevsimi boyunca % 30 azaltılması,

3-KD2, Kontrollü Drenaj-2, etkili dren derinliğinin sulama mevsimi boyunca %60 azaltılması

Etkili dren derinliklerini %30 azaltmak için dren çıkışı 50 cm, %60 azaltmak için 100 cm yükseltilmiştir.

Dren aralıkları SD ve KD1 alanında 100 m, KD2'de ise 60 m'dir (Şekil 2). Emici dren olarak 100 mm çaplı kıvrımlı plastik borular ortalama %0.1 eğimle, kum-çakıl zarf malzemesi ile döşenmiştir. Dren uzunlukları SD'de 264-305 m, KD1'de 76-109 m ve KD2'de 150-320 m arasında değişmektedir. Silt bacaları toplayıcı üzerinde yaklaşık 200 m, aralıklarla, gömülü olarak inşa edilmiştir. Deneme alanları, KD1=67 da, KD2=52 da, SD=196 dekadır (Şekil, 1).



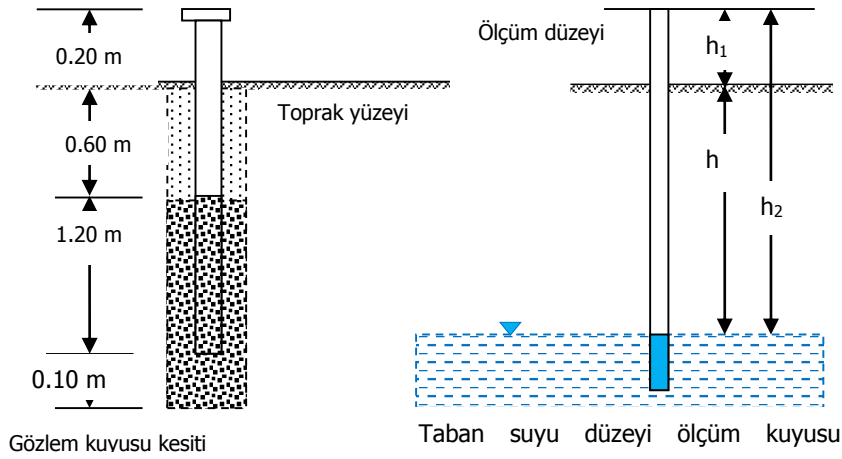
Şekil 1. Deneme planı

Figure 1. Experimental design

Kontrollü drenaj deneme alanlarında farklı hidrolojik koşullar oluşturmak için, emici drenlerin manhollere bağlandığı noktada, çıkış ağızları, 0.5 m ve 1.0 m yükseltmiştir.

Gözlem kuyuları ve su tablası ölçümleri

Deneme tarlalarında su tablası hidrografını belirlemek için drenler arası orta noktalara gelecek şekilde SD ve KD1 de 5, KD2'de 9 gözlem kuyusu (G) inşa edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Gözlem kuyusu kesitinin görünümü

Figure 2. Sectional view of the observation wells

Gözlem kuyuları toprak yüzeyinden 1.70-1.80 m derinliktedir. Kuyulara yüzey akışla su girmemesi için, kuyu içine yerleştirilen boruların ağızları toprak yüzeyinden yaklaşık 25-30 cm yüksekte bırakılmıştır (Şekil 2).

Değerlendirme yöntemleri

Su tablası hidrografları

Sulama dönemi boyunca ölçülen su tablası düzeylerinin zamana karşı hidrografları çizilmiş ve 100 cm'nin ve 150 cm'nin üzerinde kaldığı süreler

belirlenmiştir. Bu sürelerle karşı dönem sonu toprak tuzlulukları çizelgelerde gösterilmiştir.

Yüksek su tablasının etkisi Vincent ve ark., (2001) tarafından belirtildiği şekilde;

- Zamanın fonksiyonu olarak su tablası
- Alanın fonksiyonu olarak su tablası derinliği belirlenmiştir.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

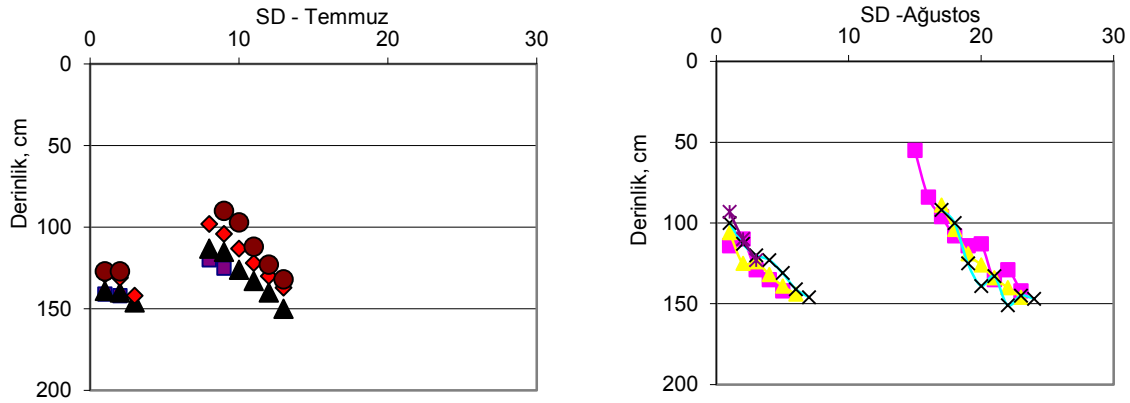
Zamanın fonksiyonu olarak su tablası değişimi

Su tablası düzeyi, SD alanında, yetiştirme dönemi dışında ve sulama mevsimi başında dren seviyelerinin altında iken, Temmuz ayında sulamalarla yükselerek 100 cm'ye çıkmış, 2 gün içinde 100 cm'nin altına, 7 gün içinde 150 cm'nin altına düşmüştür. Aynı şekilde Ağustos ayında da iki defa 100 cm seviyesine yükselen su tablası 3 gün içinde

100 cm'nin altına, zamanla dren seviyelerine düşmüştür (Şekil 3).

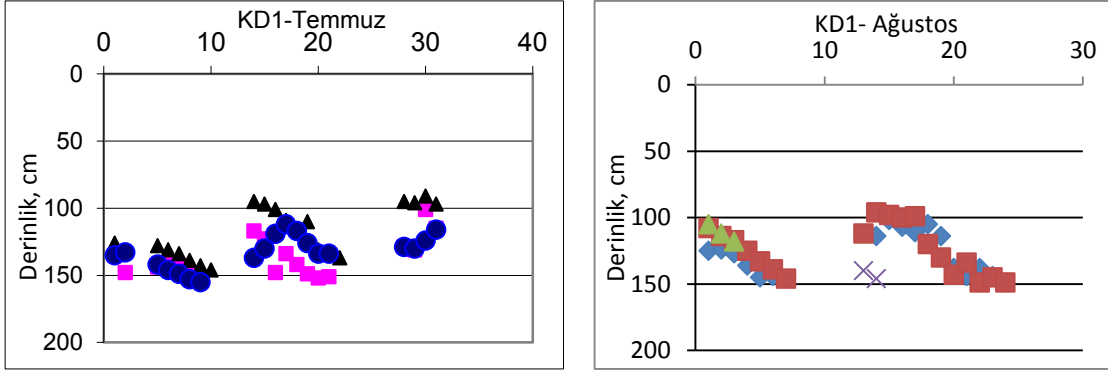
Serbest drenaj (SD) koşullarında su tablası genellikle 90 cm'nin altında seyretmiştir. Su tablası mevsim boyunca iki defa G1 ve G4 gözlem kuyularında 50 cm düzeylerine yükselmiş ve 7-8 gün içinde 140-150 cm derinliğe düşmüştür. Kontrollü drenaj alanlarından KD1'de su tablası sulamalarla 100 cm düzeylerine yükselmiş, 3 günde 100 cm'nin altına düşmüş ve 15 gün 100-150 cm arasında seyretmiştir (Şekil 4).

Mevsim boyunca yapılan gözlem ve ölçümler, KD2 alanında, gözlem kuyularında su tablası sulamalarla birlikte 9 gün 100 cm'nin üstünde seyretmiş, 25 gün 100-150 cm aralığında kalmış ve 150 cm'nin altına düşmüştür (Şekil 5).



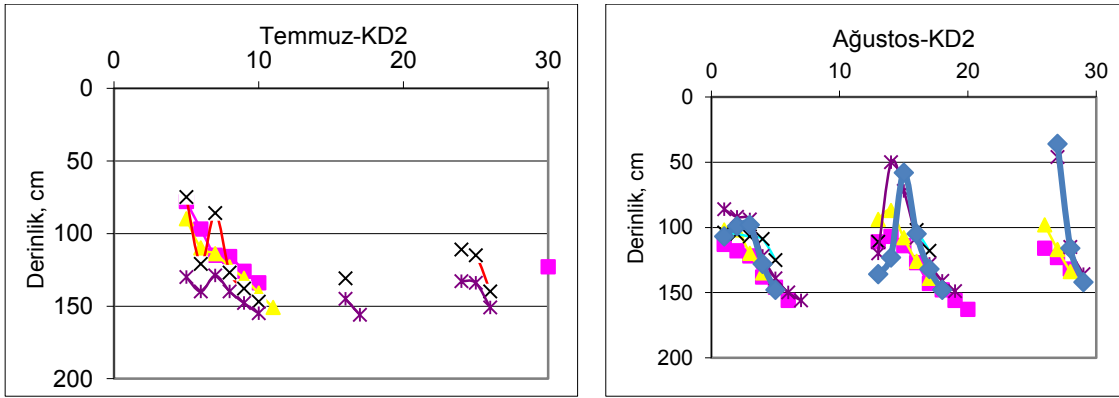
Şekil 3. SD'de 4 gözlem kuyusu için taban suyu hidrografı, 2011

Figure 3. Groundwater hydrograph of 4 monitoring wells at Free Flow Drainage, 2011



Şekil 4. KD1 de 3 gözlem kuyusu için taban suyu hidrografı, 2011

Figure 4. Groundwater hydrograph of 3 monitoring wells at Controlled Drainage-1, 2011



Şekil 5. KD2 deneme alanında 4 gözlem kuyusu için taban suyu hidrografı, 2011

Figure 5. Groundwater hydrograph of 4 observation wells in the Controlled Drainage-2 testing ground, 2011

Sulama dönemi, 2012

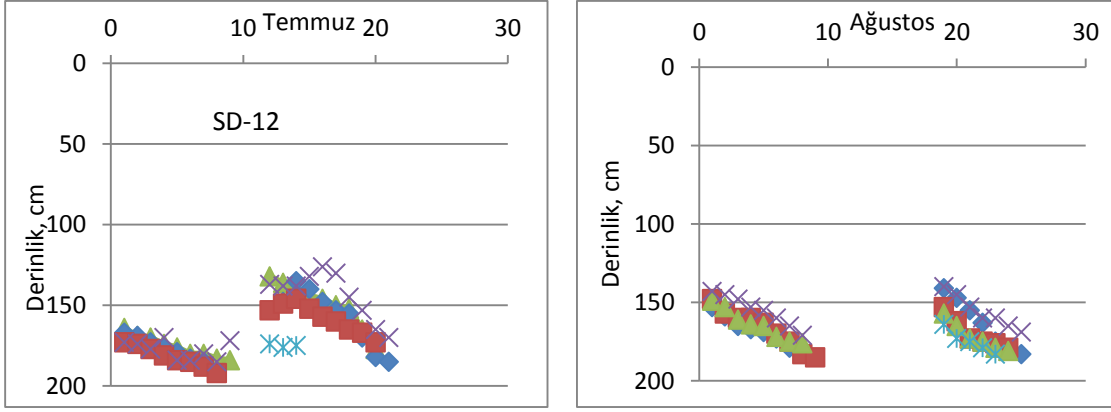
SD alanında, Temmuz 2012 de, en fazla 130 cm ye kadar yükselen su tablası 3-5 gün içinde 150 cm'nin altına düşerken, Ağustosta 140 cm'nin daha üstüne çıkmamış 150-200 cm aralığında seyretmiştir (Şekil 6).

KD1 alanında Temmuz ortalarında 100 cm'nin üstüne çıkan su tablası 5 gün 100-150 cm aralığında, kalan zamanda 150 cm'nin altında seyretmiştir. Ağustosta 1 gün 100 cm'nin üstüne çıkan su tablası, 16 gün 100-140 cm aralığında seyretmiştir (Şekil 7).

Mevsim boyunca su tablası sulamalarla birlikte 100 cm seviyelerine yükselmiş,

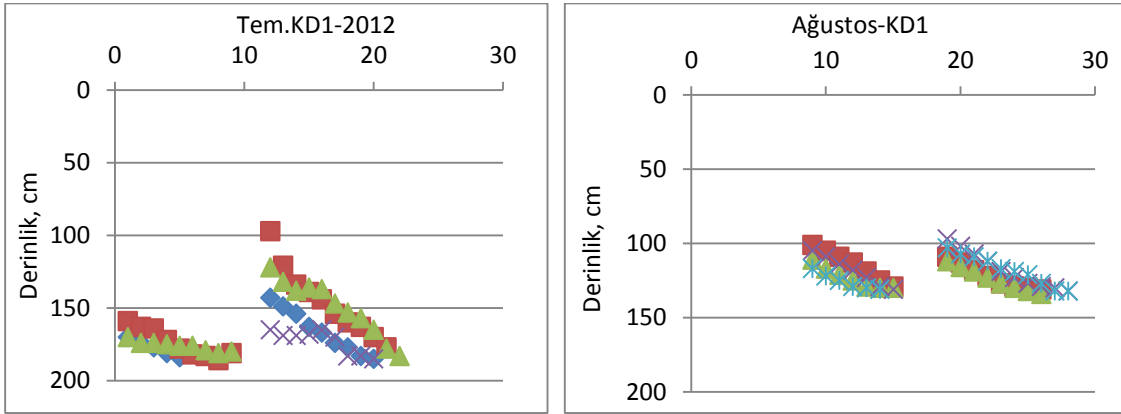
Temmuz boyunca çıkış noktasına yakın kısımlarda bir süre 120-130 cm derinlikte, uzak noktalarda 150 cm'nin altında devam etmiştir

Su tablasının 100 cm'nin üstünde ve 100-150 cm arasında ve 150 cm'nin altında kaldığı süreler verilmiştir. Temmuz ve Ağustos aylarında SD, KD1 ve KD2'de 1.0 m'nin üzerinde 2011'de 2, 4, 6 gün, 2012'de ise 0, 2 ve 11gün kalmıştır. Aynı dönemde 1.5 m'nin üstünde kalma süreleri 2011'de 30, 34 ve 42 gün, 2012 de ise 18, 30 ve 44 gündür (Çizelge 2).



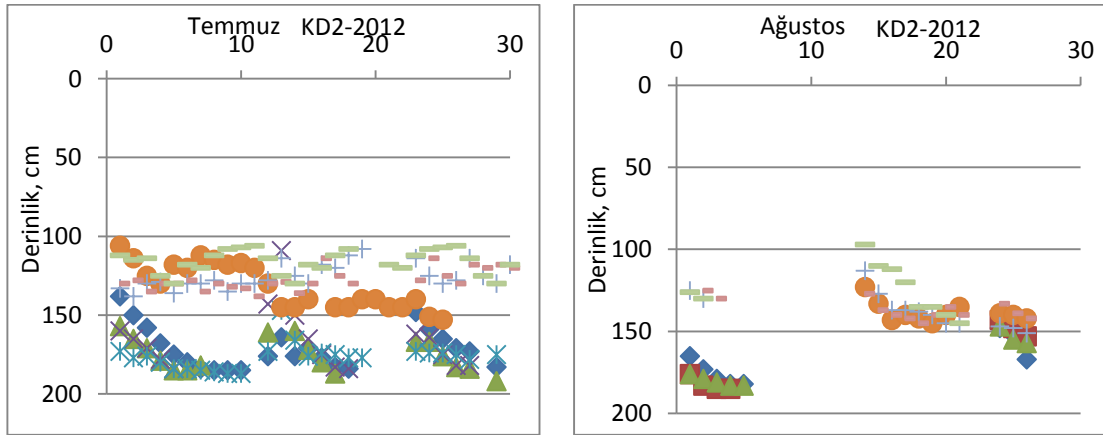
Şekil 6. SD de 5 gözlem kuyusu için taban suyu hidrografı, 2012

Figure 6. Groundwater hydrograph of 5 monitoring wells at Free Flow Drainage, 2012



Şekil 7. KD1 alanında su tablasının değişimi, 2012

Figure 7. Change of the watertable in the Controlled Drainage-1 testing ground, 2012



Şekil 8. KD2 de 9 gözlem kuyusu için taban suyu hidrografı, 2012

Figure 8. Groundwater hydrograph of 9 monitoring wells at Controlled Drainage-2, 2012

Çizelge 2. Su tablasının belirli derinliklerde kaldığı gün sayısı ve dönem sonu kök bölgesi toprak tuzluluğu değişimleri

Table 2. The number of days that remain in certain depth of the watertable and the end of the period root zone soil salinity changes

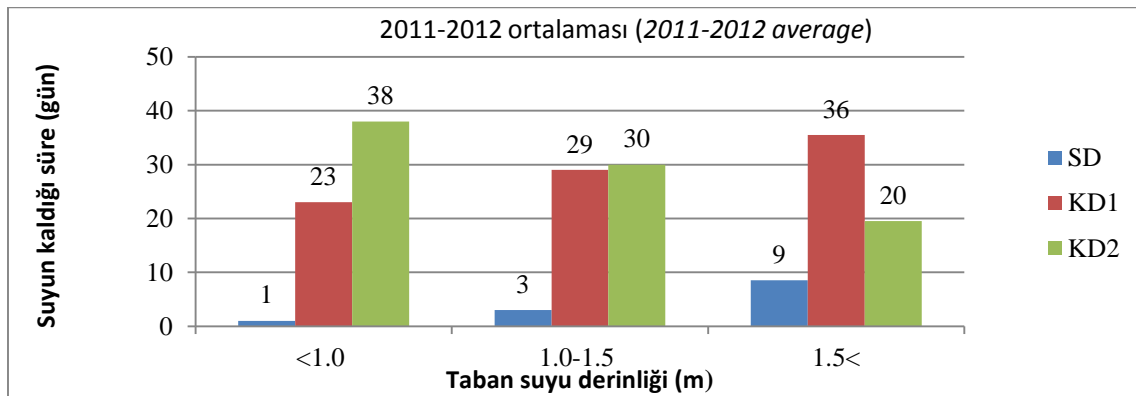
Yıl-2011 Year-2011	Deneme konuları Experiment subjects		
Derinlik, m (Depth), m	SD Free Drainage	KD1 Controlled Drainage-1	KD2 Controlled Drainage-2
<1.0	2	4	6
1.0-1.5	28	30	38
1.50<	32	28	21
Dönem sonu ortalama tuzluluk değerleri End of term average salinity values			
E _{Ce} , dS m ⁻¹	1.28	0.68	0.70

Yıl-2012 Year-2012	Deneme konuları Experiment subjects		
Derinlik, m (Depth), m	SD Free Drainage	KD1 Controlled Drainage-1	KD2 Controlled Drainage-2
<1.0	0	2	11
1.0-1.5	18	28	33
1.5<	44	32	18
Dönem sonu ortalama tuzluluk değerleri End of term average salinity values			
E _{Ce} , dS m ⁻¹	1.34	1.17	1.02

Su tablası seviyeleri her sulamada değişkenlik gösterdiği için su tablası değişim oranları hesaplanmamış kritik seviyelerin üzerinde kalma süreleri grafik halinde verilmiştir (Şekil 9).

Su tablası sulama mevsiminde, 100 cm'nin üstünde ve 100-150 cm arasında ve 150

cm'nin altında kaldığı iki yıllık ortalama süreler Şekil.9'da verilmiştir. SD, KD1 ve KD2'de 1.0 m'nin üzerinde sırasıyla 1, 23, 38 gün, aynı dönemde 1.0-1.5 m arasında 3, 29 ve 30 gün kalmıştır.



Şekil 9. Farklı drenaj yönetimlerinde su tablası hidrografları

Figure 9. Watertable hydrographs in different drainage managements

Kontrollü drenaj su tablasının daha uzun bir süre yüksek düzeylerde seyretmesine neden olmuştur.

Denemenin yürütüldüğü drenaj sistemlerinde kararlı akış koşullarında ve drenler arası orta noktada su yükü 30 cm olacak şekilde tasarımlanmıştır. SD alanında su tablasının 1.5 m derinlikte seyretmesi sistemin istenilen işlevi yerine getirdiği anlamına gelmektedir.

KD2'de kontrol noktasına yakın kısımlarda, 6, 7, 8, ve 9 nolu gözlem kuyularında, su tablası kontrol yapısı seviyesine yakın seyrederken, çıkış noktasına uzak olan kısımlarında su tablası daha düşük seviyelerde kalmıştır. Bu durum eğimden kaynaklanmıştır. Su tablasının kontrol yapılarına rağmen beklenenden hızlı düşmesinin nedeni ise toprakların su iletim kapasitelerinin yüksekliğidir.

Başlangıçta ortalama tuzluluk değerleri KD1, KD2 ve SD'de sırasıyla 1.210, 0.950 ve 1.520 dS m⁻¹ iken, iki sulama dönemi sonunda bütün deneme alanlarında ortalama kök bölgesi tuzluluğu SD, KD1 ve KD2'de sırasıyla birinci yıl 1.28, 0.68 ve 0.70, ikinci yıl 1.34, 1.17 ve 1.02 dS m⁻¹ olarak belirlenmiş olup, tuzlulukta önemli bir değişim olmadığı anlaşılmıştır.

Birçok araştırmacı, su tablasının denetlenerek bitkilerin taban suyundan yararlanmasının sağlanabileceğine değinmişlerdir. Namken ve ark., (1969) 0.9 m derinlikteki yer altı suyunun, Hutmacher ve ark., (1996) 1.10 m derinlikte tuzluluğu 15 dS m⁻¹ olan suyun bitkiler tarafından kullanıldığını, Grimes ve Hendersen (1984), taban suyundan bitkilerin yararlanabilmesinin derinliğine ve tuz içeriğine bağlı olduğunu bildirmektedirler.

Fouss ve ark., (2002), su tablasının yetiştirme döneminde 0.60-0.75 m'den daha derine düşmemesi gerektiğini, kontrollü drenaj

uygulanmasında kök bölgesindeki tuz birikiminin göz önüne alınmasının önemli olduğunu, Bahçeci ve ark., (2008) Harran ovasında dren çıkışlarının yetiştirme döneminde %75 oranında kontrol edilmesinin toprakta önemli bir tuz birikimine neden olmayacağını, Ramoska ve ark., (2009) ise kontrollü drenajla su tablasının drenler üzerinde maksimum 69 cm yükselmesine izin verildiği bir sistemde drenaj akış süresinin yıllık olarak %40-62'ye kadar azalacağına değinmişlerdir.

Sonuçlar

Harran ovasındaki drenaj sistemlerinde farklı drenaj yönetimlerinin toprak tuzluluğu üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Drenlerin %60 azaltılmasının başka bir deyişle dren çıkışlarının yükseltilmesinin, toprak tuzlanmasını önemli düzeyde etkilemediği söylenebilir. Ancak su tablasının, kontrol yapılarına rağmen, hızlı düşmesi ve deneme süresinin kısalığı, gelecek dönemlerdeki eğilimlerin nasıl olacağı konusunu kestirmekte yetersiz kalmıştır.

Su tablasının toprak yüzeyinden 100-120 cm derinlikte seyretmesi halinde toprak tuzluluğu etkilenmemektedir. Ovanın su kıtlığı çektiği mansap kısımlarında etkili dren derinliğinin %60 oranında azaltılmasının, su kazanımı sağlayacağı ve toprakların tuzlanmasında önemli bir değişimin olmayacağı söylenebilir.

Kontrollü drenaj alanlarında eğimler çok düşük olmalıdır. Hidrolik iletkenliğin yüksek olduğu alanlarda kontrol yapılarının etkili olması için toplayıcı boruların deliksiz olması ve denetim yapısının arka kısmında su sızıntısını önleyecek geçirimsiz zonların oluşturulması gereklidir.

Ekler

Bu makale TÜBİTAK tarafından desteklenen 110 O 835Nolu araştırma projesi sonuçlarından yararlanılarak hazırlanmıştır. TÜBİTAK desteği için teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Ayars, J.E.; Christen, E.W., Hornbuckle, J.W., 2006. Controlled Drainage for Improved Water Management in Arid Regions Irrigated Agriculture. *Agricultural Water Management*, 86(1-2): 128-139.
- Bahçeci, İ., Nacar, A.S., 2005. Harran Ovasında Kurulacak Yüzeyaltı Drenaj Sistemlerinin Tasarımına Ölçütleri. IV. GAP Tarım Kongresi, 21-23 Eylül, 1120-1128s. Şanlıurfa.
- Dayem, A.D., Ritzema, H.P., 1990. Verification of Drainage Design Criteria in the Nile Delta, Egypt. *Irrigation and Drainage Systems*, 4(2): 117-131.
- Evans, R., Gilliam, J.W., Skaggs, W., 1996. Controlled Drainage Management Guidelines for Improving Drainage Water Quality. Published by: North Carolina Cooperative Extension Service, Publication Number: AG 443, Last Electronic Revision: June 1996 (KNS).
- Fouss, J.L., Skaggs, R.W., Fausey, N.R., Pitts, D.J., 2002. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Implementing Controlled Drainage Technology to Reduce Nitrate Losses in Drainage Water. Drainage VIII, Proceedings of the 8th International Drainage Symposium, 21-24 March, 14-16p. Sacramento, CA, U.S.A.
- Grimes, D.W., Henderson, D.W., 1984. Developing There Source Potential of a Shallow Ground Water. *California Water Resources Bulletin, University of California*, Contribution No: 188, Davis, 39p.
- Hess, T., 2000. WaSim Tutorial Manual. HR Wallingford, UK.
- Hess, T., Leeds-Harrison, P.B., Counsell, C., 2000. WaSim Technical Manual. HR Wallingford, UK.
- Hutmacher, R.B., Ayars, J.E., Vail, S.S., Bravo, A.D., Dettinger, D., Schoneman R.A., 1996. Uptake of Shallow Ground Water by Cotton: Growthstage, Ground Water Salinity Effects in Column Lysimeters. *Agricultural Water Management*, 31(3): 205-223.
- Madramootoo C.A., Wiyo, K.A., Enright, P., 1992. Nutrient Losses Through Tile Drains From Patato Fields. *Applied Engineering in Agriculture*, 8(5): 639-646.
- Namken, L.N., Weigand, C.L., Brown, R.O., 1969. Water Use by Cotton From Low and Moderately Saline Static Watertables. *Agronomy Journal*, 61(2): 305-310.
- Oosterbaan, R.J., Abu Senna, M., 1990. Using Saltmod to Predict Drainage for Salinity Control. Towards Integration of Irrigation and Drainage Management. Proceedings of the Jubile Symposium at the Occasion of the 40th Anniversary of ILRI, 43-49p. Wageningen, The Netherlands.
- Ramoska, E., Bastiene, N., Saulys, V., 2009. Evaluation of Controlled Drainage Efficiency in Lithuania. *Irrigation and Drainage*, 60(2): 196-206.
- Vincent, B., Vlotman, W.F., Zimmer, D., 2001. Performance Assessment and Potetial Indicators for Drainage Systems. ICID-CIID Working Group On Drainage, Washington DC., pp: 60.