

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI

35117

**KUZGUN BARAJI DAPHAN OVASI SULAMA SAHASI TOPRAKLARININ
SULAMA YÖNÜNDEN İNCELENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Üstün ŞAHİN

Yönetici: Prof.Dr. Ali ÖZDENGİZ

Doktora Tezi

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ÖZET

Üretim faktörleri içerisinde birim alandan alınan verimin artırılmasında önemli etkenlerden biri sulamadır. Sulamayı sağlamak için kurulan sulama sistemi planlanırken, sistemin yalnız bir su dağıtım şebekesi olarak düşünülmemesi, toprak ve bitki koşullarının da göz önüne alınması zorunludur. Bu nedenle sulamayı kontrol eden etkenlerin ayrıntılı olarak incelenmesi ve elde edilen verilerin amaca uygun olarak kullanılmalrı gereklidir.

Bu araştırmada yukarıdaki özellikler göz önüne alınarak Erzurum-Daphan ovası topraklarının sulama yönünden önemli özelliklerinden su tutma kapasitesi, infiltrasyon, bünye, hacim ağırlığı, porozite, pH, elektriki iletkenlikleri incelenmiş ve sulu tarıma geçildiğinde yetiştirilecek bitkiler için su tüketimleri, kurak, normal ve yağışlı yıllar için sulama programları ve gereksinilen sulama suyu miktarları, kullanılacak sulama suyunun niteliği ve farklı toprak ve topoğrafik koşullar için hesaplanan uygun olabilecek karık ve tava boyutları tablolar halinde verilmiştir.

Araştırma alanı olan Daphan Ovası Erzurum ilinin 25 km batısında, Erzurum-Erzincan karayolu üzerinde bulunmaktadır. Ova; doğuda birbirini takip eden Körpınarlar, Karabayçayı ve Çubuklu dereleri, batıda Serçeme deresinin doğu terası yamaçları, kuzeyde doğu-batı doğrultusunda yer alan Kumlutepe ve Deveoturağı tepelerinin güney etekleri ve güneyde ise Daphan düzlüğünün Karasu çayına bakan yamaçları ile sınırlandırılmış ve izdüşüm alanı olarak 108234.9 dekarlık bir alanı kaplamaktadır. Daphan ovası kuzeyden güneye doğru alçalan bir düzlüktür. Çok sayıda dere yatağı ile parçalanmış durumdadır. Ovanın büyük bir kısmı gölsel üst miosen depozitleri üzerinde yer alan, üst pliosen yaşlı aglomera, bazalt, tüfit, killi kireçtaşı, kumtaşı ve çakıltası bileşimli kollufluviyal materyallerden oluşmuştur.

Araştırma alanında yıllık ortalama sıcaklık 5.9 °C, yıllık yağış 447.2 mm, yıllık ortalama bağıl nem % 64, yıllık ortalama güneşlenme süresi 7.05 saat, yıllık ortalama rüzgar hızı 2.6 m/s ve yıllık buharlaşma 1059 mm' dir. Bölgeye yaz döneminde düşen yağışların yetersizliği nedeniyle sulama önem kazanmaktadır.

Ovada mevcut durumda yağış sularına bağlı kalınarak başlıca buğday, arpa, çavdar ve mercimek gibi bitkilerin yetiştiriciliği yapılmaktadır. Her yıl yaklaşık % 40' lık bir alan da nadasa bırakılmaktadır. Sulama koşullarında ise % 25 hububat, % 45 yem bitkileri ve % 30 çapa bitkileri yetiştiriciliği planlanmıştır.

Araştırma alanında farklı yerlerde açılan 48 adet profilde farklı derinliklerden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınarak, tarla kapasitesi, solma

noktası, bünye, pH, elektriki iletkenlik tayinleri yapılmıştır. Profil açılan her yerde dört tekerrürlü olarak çift silindirli infiltrometre ölçümleriyle toprakların infiltrasyon özellikleri incelenerek, infiltrasyon denklemleri belirlenmiştir. Bu eşitliklerle, toprakların faydalı su tutma kapasiteleri kullanılarak da ova toprakları için uygun olabilecek tava ve karık uzunlukları belirlenmiştir.

Sulu tarıma geçildiğinde yetiştirilmesi planlanan bitkilerin su tüketimleri, kurak, normal ve yağışlı yıllarda sulama planlamaları ile sulama suyu gereksinimleri FAO tarafından geliştirilen CROPWAT (Version 5.5) paket programı kullanılarak elde edilmiştir.

Bütün bu yapılan çalışmalarla ilgili olarak elde edilen sonuçlar, tartışma ve öneriler aşağıdadır.

1- Araştırma alanı toprakları bünye yönünden profil derinliğinde ince ve orta derecede ince bünyeli topraklar sınıfına girmektedir. Önemsenmesi gereken bir özellik de ova topraklarının genelinde 2 mm' den büyük mineral parçacıkların yüzeyde ve profil içerisinde bulunmasıdır. Hatta ovanın bazı kesimlerinde taşlılık ve çakıllıktan dolayı toprak derinliği de oldukça sınırlanmıştır. Bu durum tesviyeyi sınırlandıran bir etken olarak görülebilir. Yine yüzeyde yer alan mineral parçacıkların etkili bir tarımsal faaliyet açısından temizlenmesi gereklidir.

2- Ova topraklarının tarla kapasitesi değerleri hacim olarak % 27.8 ile % 51.4 arasında bulunmuştur. Topraklarda kil içeriğinin fazlalığı, organik madde ve agregasyon derecesi tarla kapasitesinin yüksek çıkışında rol oynayan faktörlerden sayılabilir. Daimi solma noktası değerleri hacim olarak % 13.6 ile % 30.7 arasında değişmektedir. Solma noktası değerlerinin büyük ölçüde toprak tekstürüne bağlı olarak değiştiği söylenebilir. Su tutma kapasiteleri 100 cm toprak derinliği için 13.3 cm ile 20.8 cm arasında değişmektedir. Bulunan bu değerler tekstüre uygunluk göstermektedir. Ova topraklarının genel olarak ağır bünyeli olmaları, ağır bünyeli topraklarda ise gözeneklerin hemen hepsinin kılcal gözenekler olması nedeniyle su tutma kapasiteleri yüksek bulunmuştur.

3- Araştırma alanı topraklarının hacim ağırlığı değerleri 1.00-1.30 g/cm³, porozite değerleri ise % 51.7 ile % 63.4 arasında değişiklik göstermektedir. Elde edilen bu değerler incelendiğinde, hacim ağırlıklarının genel olarak düşük, porozitenin ise yüksek olduğu söylenebilir. Bunun nedeni olarak da kil içeriğinin yüksekliği, organik maddenin oldukça yüksek ve derinlere nüfuz etmiş olması, kireç içeriklerinin yüksek olması, şişme ve büzülme nedeniyle belirgin bir sıkışma olmaması ve biyolojik aktiviteye bağlı olarak artan granülasyonun etkisi gösterilebilir.

4- Araştırma alanı topraklarının pH değerleri 7.49-8.66 arasında değişmektedir. Elektriksel iletkenlik değerleri de 215-670 $\mu\text{mhos/cm}/25^\circ\text{C}$ arasında bulunmuştur. Elde edilen değerlere göre ova topraklarında tuzluluk ve alkalilik yönünden herhangi bir sorunun söz konusu olmadığı söylenebilir.

5- Sulamada kullanılacak Serçeme deresi suyu yapılan analiz sonuçlarına göre C_1S_1 sınıfına girmektedir. Dolayısıyla her türlü toprak ve bitki koşullarında rahatlıkla kullanılabilir.

6- Araştırma alanı topraklarının belirlenen sabit infiltrasyon hızları 5.42-25.61 cm/h arasında değişmektedir. Bu değerlere göre ova topraklarının hemen hemen tümü yüksek infiltrasyon hızına sahip topraklar sınıfına girmektedir. Bu değerlerin yüksek çıkışında agregasyonun, ölçümlerinin bitki yetiştirilen ortamlarda yapılmış olmasının, ölçümlerin yapıldığı ayların kurak döneme denk gelmesinin, taşlılık ve çakıllılık, arazide oluşan yarıklar ve çatlaklar ile biyolojik aktivitenin etkileri söz konusu olabilir. İnfiltrasyonu etkileyen çok sayıda faktörden dolayı her profil alanı için çıkarılan infiltrasyon eşitliklerinin elde edildikleri alan için kullanılmalarının uygun olacağına karar verilmiştir.

7- Araştırma alanında gelecekte yetiştirilmesi planlanan bitkiler için gerekli olan sulama suyu miktarları maksimum değerlere; kurak, normal ve yağışlı yılların her üçü için de bitki su tüketimlerinin maksimum olduğu Temmuz ayında ulaşılmış ve sırasıyla 1505.80 m^3/ha , 1305.99 m^3/ha , 1117.70 m^3/ha olarak belirlenmiştir. Bu ayda ana kanal çıkış debisi göz önüne alındığında sulama suyunun yeterli olduğu söylenebilir. Mevsimlik sulama suyu gereksinimleri ise yine sırasıyla 5223.54 m^3/ha , 4082.87 m^3/ha , 3211.98 m^3/ha olarak saptanmıştır.

8- Toprakların infiltrasyon özellikleri ve su tutma kapasitesine bağlı olarak değişik eğimler için hesaplanan karık ve tava uzunlukları, infiltrasyon hızlarının yüksekliğinden dolayı eğim artışına bağlı olarak genellikle düşük çıkmış ve çoğu yerlerde özellikle uygulanan debi azaldığında oldukça kısa uzunluklar hesaplanmıştır. Sulamada uygun olabilecek yerlerde yüzey sulama yöntemleri uygulanacaksa randımanı yüksek bir sulama açısından bu değerlerin kullanılması yararlı olabilir.

9- Araştırma alanında tarımsal mekanizasyon durumu sulu tarım koşulları için yeterli ölçüde olmadığından, gerek makineleşme, gerekse üretim girdileri ve pazarlama açısından, para ve zaman ekonomisi sağlamak için yöre çiftçilerinin birleşerek kooperatifleşme yoluyla hareket etmeleri önerilebilir.

10- Etkili bir sulama açısından sulamayla ilgili kuruluşların hem kendi aralarında hemde bu kuruluşlarla çiftçiler arasında iyi bir koordinasyonun kurulması sağlanabilir.



SUMMARY

Water plays an important role to increase crop production. When an irrigation system is planned, it should not be thought only as water distribution network, but soil and plant conditions must also be considered. Therefore, the factors affecting on irrigation must be addressed and evaluated before planning.

This research project was conducted in the Daphan Plain in Erzurum. Some important soil properties such as water-holding capacity, infiltration, texture, bulk density, porosity, pH and electrical conductivity were determined. Water removal by plants was obtained, the amounts of irrigation water for drought, normal and wet seasons, and irrigation water quality were identified. Appropriate furrow and border sizes were determined and given in tables for different soil and topographic conditions.

The Daphan Plain is located 25 km away in west of Erzurum, on the Erzurum-Erzincan highway. It is limited by the Körpınarlar, Karabayçayırı and Çubuklu creeks in the east, by the east terraces of the Serçeme creek in the west, by the south slopes of the Kumlutepe and Deveoturağı hills in the north, and by the Karasu creek in the south. Total area is about 10823.49 ha. Dominant slope in the Daphan Plain is from north towards south. There are too many creeks in the Daphan Plain. Soils in the Daphan Plain formed from colluvial material which consists of basalt, turf, limestone, sandstone.

Annual average temperature is 5.9 °C, precipitation 447.2 mm, relative humidity 64 %, daylight period 7.05 h, wind velocity 2.6 m s⁻¹ and evaporation 1059 mm. Because of lack of enough precipitation during summer, irrigation is required.

In this research plain, wheat, barley, rye and lentil are common crops. About 40 % of total area is under farrow every year. Areas under irrigation, 25 % cereal, 45 % forage crops and 30 % the crops that require hoeing has been planned.

Disturbed and undisturbed soil samples were collected from different soil depth of 48 soil profiles distributed through the research area. Field capacity, wilting-point, texture, pH and electrical conductivity analyses were performed on these soil samples. Infiltration characteristics of all soil profiles were determined in the field using double-cylinder infiltrometer. Infiltration measurements were repeated four times and infiltration equations were identified. Using these equations and available water-holding capacities of research soils, appropriate border and furrow lengths were obtained.

Water needs of plants in dry, normal and wet years, and the amount of irrigation water required were determined using CROPWAT (Ver. 5.5) computer program developed by FAO.

Results of this research project and some suggestions are given as follow:

1- Soils in the research plain have generally fine texture, but there are some fragment material (> 2 mm) both in the surface and deeper soil layers. In some areas, soil depth is a few centimeters which limits agricultural practices such as land grading for irrigation. In order to make a better agriculture, stones and rock on the surface must be cleaned.

2- Field capacities of plain soils varied between 27.8 % and 51.4 %. High values of field capacity may be a result of high clay content, organic matter and aggregation degree in research soils. Permanent wilting-point values varied between 13.6 % and 30.7 % depending upon soil texture. Water-holding capacity varied between 13.3 and 20.8 cm for 100 cm soil depth, which was also related to soil texture. Since the plain soils have generally fine texture, most of the pores are capillary pores that affect on water- holding capacity.

3- Bulk densities of soils studied varied from 1.0 to 1.3 g cm⁻³, and porosity varied between 51.7 % and 63.4 %. Because of low bulk density, porosity was very high. This may be due to high clay content, well distributed high amount of organic matter through soil profiles, high lime content, no compaction, and well granulation as a result of microbial activity.

4- The pH and electrical conductivity varied from 7.49 to 8.66 and 215 to 670 μ mhos (cm-25 °C)⁻¹. These results indicated that there was no problem regarding to salinity and alkalinity in the Daphan Plain soils.

5- According to water analyses Serçeme creek water was classified as C₁S₁, which showed that it could be used as irrigation water in the plain .

6- Final infiltration rate was found between 5.42 and 25.61 cm h⁻¹, which indicated that all soils in the research area had high infiltration rate. This may be results of good aggregation, plant roots due to growing season, low soil moisture, canals, stones and rocks on the soil surface, and microbial activity. Because of high variation among the factors affecting on infiltration, infiltration equations defined for different soil profiles were used for areas which had similar characteristics with related soil profile.

7- Amounts of required irrigation water for dry, normal and wet years reached the maximum value in July and estimated as 1505.80, 1305.99 and 1117.70 m³ ha⁻¹ respectively. When the main canal discharge rate is considered, the amount of irrigation water may be enough in this month. Amounts of seasonal irrigation water required were determined as 5223.54, 4082.87 and 3211.98 m³ ha⁻¹ , for dry, normal and wet years, respectively.

8- When infiltration characteristics and water-holding capacity of soils were considered, border and furrow lengths estimated for different slope gradients were small. If surface irrigation are planned in this areas, estimated border and furrow lengths can be used.

9- Because of lack of enough mechanization, there is a need for farmer cooperatives. This corporation can help to save money and time required and also to improve agricultural inputs.

10- There is a need to establish a corporation between state personals related to irrigation and farmers.

TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın yönetimini üzerine alan ve yönlendirici olarak büyük yardımlarda bulunan Sayın Hocam Prof. Dr. Ali ÖZDENGİZ' e ve diğer bölüm elemanlarına teşekkür ederim.

Östün ŞAHİN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	i
SUMMARY.....	v
TEŞEKKÜR.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
2.1. Toprakta Suyun Tutulması.....	5
2.2. Toprakta Suyun Hareketi.....	8
2.2.1. İnfiltrasyon.....	8
2.2.1.1. İnfiltrasyonu Etkileyen Faktörler.....	9
2.2.1.2. İnfiltrasyon Eşitlikleri.....	12
2.2.1.3. İnfiltrasyonun Ölçülmesi.....	14
2.2.2. Suyun Toprak İçerisinde Hareketi ve Bitkiler Tarafından Alınışı....	15
2.3. Bitki Su Tüketimi.....	17
2.4. Sulama Zamanı ve Her Sulamada Verilecek Su Miktarı.....	22
2.5. Sulama Yöntemleri.....	23
2.6. Sulama Suyu Kalitesi.....	26
2.7. Sulama Randımanları.....	28
2.8. Yüzey Sulamada Su İlerleme Hesaplama Yöntemleri.....	29
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	32
3.1. Materyal.....	32
3.1.1. Daphan Ovasının Yeri.....	32
3.1.2. Daphan Ovasının Fizyografisi ve Jeolojisi.....	32
3.1.3. İklim Durumu.....	33
3.1.4. Toprak Kaynakları.....	35
3.1.5. Su Kaynakları ve Sulama Durumu.....	38
3.1.6. Sosyal ve Tarımsal Yapı.....	38
3.1.7. Arazi Çalışmalarında Kullanılan Haritalar.....	39
3.2. Yöntemler.....	39

	Sayfa
	No
3.2.1. Arazi Çalışmaları.....	39
3.2.1.1. Profillerin Yerlerinin Seçimi.....	39
3.2.1.2. Arazide Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizlere Hazırlanması.....	39
3.2.1.3. Sulama Suyu Örneklerinin Alınması.....	41
3.2.1.4. İnfiltrasyon Ölçümleri.....	41
3.2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	42
3.2.2.1. Bünye Analizleri.....	42
3.2.2.2. Tarla Kapasitesi ve Solma Noktası İle Faydalı Nem Tayini.....	42
3.2.2.3. Toprak Reaksiyonu ve Elektriki İletkenlik Ölçümleri.....	43
3.2.2.4. Birim Hacim Ağırlığı Analizleri.....	44
3.2.3. Büro Çalışmaları.....	45
3.2.3.1. İnfiltrasyon Eşitliklerinin Çıkarılması.....	45
3.2.3.2. Bitki Su Tüketimleri İle Sulama Zamanı ve Saha Sulama Suyu İhtiyaçlarının Belirlenmesi.....	45
3.2.3.3. Porozitenin Hesaplanması.....	51
3.2.3.4. Karık ve Tava Boyutlarının Belirlenmesi.....	51
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	56
4.1. Bünye Analizi.....	56
4.2. Hacim Ağırlığı.....	62
4.3. Porozite.....	63
4.4. Tarla Kapasitesi ve Solma Noktası İle Faydalı Nem.....	63
4.5. Toprak Reaksiyonu ve Elektriki İletkenliği.....	65
4.6. Sulama Suyu Analiz Sonuçları.....	66
4.7. Drenaj.....	66
4.8. İnfiltrasyon.....	67
4.9. Bitki Su Tüketimleri ve Sulama Zamanı İle Şebekeden Çekilecek Su Miktarları.....	70
4.10. Karık ve Uzun Tava Boyutları.....	108
5. ÖNERİLER.....	123
KAYNAKLAR.....	126

1. GİRİŞ

Giderek artan dünya nüfusu her geçen gün biraz daha büyüyen beslenme sorunu ile karşı karşıya bulunmaktadır . Yapılan tahminlere göre Türkiye 2000 yılına 75 milyon nüfus barındıran bir ülke olarak girecektir. Nüfus artışına ek olarak tarım arazilerinin genişletilme olanağı da ortadan kalktığından tarımsal üretimin artırılması gerekmektedir.

Sulama, birim alandan sağlanan tarımsal üretimi, doğal kaynakların potansiyeline uygun bir biçimde olanaklar oranında en yüksek düzeye ulaştırmak için gerekli etmenlerin başında gelir.

Bütün canlı varlıklar gibi, bitkilerin de gelişmek ve ürün vermek için suya gereksinimleri vardır. Bu gereksinme iklim, bitki ve toprak özellikleri ile bitkinin gelişme devresine göre değişiklik gösterir. Türkiye' nin bir çok yerinde yağış, gerek miktar, gerek mevsim içindeki dağılımı bakımından bitkilerin su gereksinimlerini karşılamaktan uzaktır. Türkiye' de Doğu Karadeniz civarındaki küçük bir kesim nemli iklim kuşağında kalmakta ve düşen yağışlar bitki su ihtiyacı için genellikle yeterli olmaktadır.

Türkiye' de kurak ve yarı kurak iklim kuşaklarının egemen oluşu, bitkilerin gelişme devrelerindeki su gereksinimini karşılamak için sulamayı zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla sulama, iklimin olumsuz etkisi olan kuraklığın zararlarını önlemede, bir başka anlatımla devamlı ve kararlı bitki yetiştiriciliği yapılmasında kullanılan bir teknolojik üretim faktörüdür.

Bitkilerin gereksinim duydukları suyu sağlamak amacıyla yapılan sulama projeleri, yalnızca suyu kaynaktan saptıran ve belirli bir uzaklığa taşıyan kanallardan oluşan bir sistem olarak düşünülmemelidir. Dağıtım sistemi ve sistemin yönetimi birlikte değerlendirilmelidir.

Türkiye' de tarıma uygun olan 28 milyon hektar alanın 8.5 milyon hektarı teknik ve ekonomik bakımdan sulanabilir alandır. Bu 8.5 milyon hektarın 4.6 milyon hektarını DSİ barajlarla sulamayı öngörmektedir. Halen 1 milyon hektara yakın sahanın halk sulamaları yoluyla sulanacağı kabul edilirse, geriye kalan 2.9 milyon hektarı gölet, pompajlı sulama, küçük su kaynaklarının geliştirilmesi gibi yollarla Köy Hizmetleri tarafından sulanacaktır.1993 yılı sonu itibariyle halk sulamaları da dahil sulama yapılan alan 4.145 milyon hektardır. Bu miktarın yine 1993 yılı sonu itibariyle 1113507 hektarına Köy Hizmetleri tarafından, 1945000 hektarına da DSİ tarafından sulama hizmeti götürülmüştür (Anon., 1994a).

Son yıllarda istikrarlı bir tarımsal kalkınma için, sulama alanlarını genişletmek amacıyla sulama yatırımlarına hız verilmiş olup, her yıl 80-90 bin hektar arazi sulamaya açılmakta ve tarımsal yatırım için ayrılan paranın % 65 kadarı sulu tarım yatırımlarına harcanmaktadır (Anon., 1993a). Halen devam etmekte olan cumhuriyet tarihimizin en büyük projesi GAP projesi ile yeraltı suyu ile yapılacak olan sulamalar da dahil sulamaya katılacak arazi miktarı 1.8 milyon hektardır (Balaban, 1986).

Türkiye' de yıllık yerüstü su potansiyeli olan 187 milyar m³ suyun 95 milyar m³ ü teknik olarak tüketici amaçlarla kullanılabilir sudur. Kullanılabilir su varlığı yeraltı suyu da dahil 105 milyar m³ ' ü bulmaktadır. Ancak yerüstü sularının fiili tüketimi 26 milyar m³ yeraltı sularının fiili tüketimi ise 5.8 milyar m³ tür (Anon., 1994a).

Erzurum ili yıllık yerüstü su potansiyeli 5.970 milyar m³ , yeraltı su potansiyeli (emniyetli rezerv) 0.2155 milyar m³ olarak tahmin edilmektedir. Tarıma uygun arazi miktarı 474813 hektar, sulanabilir arazi miktarı 457116 hektardır. DSI tarafından ön inceleme ve master planı tamamlanan 50341 hektar, planlaması tamamlanmış 37832 hektar, kesin projesi tamamlanan 22564 hektar, çalışmalar yürütülen 14837 hektar, küçük su işleri projeleri 1317 hektar, Demirdöven sulaması inşaatı 8293 hektar ve işletmede olan küçük su işleri 3569 hektar olup sulama projesi toplam alanı 138753 hektar, kooperatif sulamaları 17424 hektar, Köy Hizmetleri sulamaları 47153 hektar ve halk sulamaları 67481 hektar olmak üzere il genel sulama toplam alanı 270811 hektardır (Anon., 1993c).

Türkiye koşullarında genel olarak çiftçiler sulama tekniği konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıklarından " fazla su ile fazla verim alınır " düşüncesiyle gereğinden fazla su uygulamaktadır. Bundan başka fazla su kullanımı, sulama alanındaki topoğrafya bozuklukları, işletmelerin çok parçalı, küçük parselli ve dağınık olması, devlet sulamalarında uygulanan ücret tarifesinin yetersizliği, sulamada kullanılan suyun sağlıklı olarak ölçülmemesi, tesis eksikliği ve yetersizlikleri, tarla içi developman hizmetlerinin yetersizliği gibi nedenlerden de kaynaklanmaktadır. DSI' ce işletilen sulama tesislerinde sulama kanallarındaki su iletim ve çiftlik prizinden sonraki kayıpların dışında, sulamalarda % 30 daha fazla su kullanıldığı belirlenmiştir (Şahin, 1984).

Devletin sulama yatırımı yapan iki kuruluşundan biri olan DSI' ce işletilen 132 adet sulama şebekesinin 89 tanesinde halen dekar üzerinden alınan çok düşük geri ödeme uygulaması, diğer bir sulama yatırımı yapan Köy Hizmetleri

şebekelerinde ise geri ödemenin olmaması , çiftçinin aşırı su kullanması konusunda caydırıcı olmamaktadır (Anon., 1993b).

Verimli ve devamlı bir sulu tarımın başarısı için, çiftçi eğitiminin yanısıra, sulamayı kontrol eden etkenlerin ayrıntılı olarak incelenmesi ve elde edilen verilerin amaca uygun olarak kullanılmaları gerekir. Bu amaçla bilinmesi gerekenler, sulanacak toprağın doğal koşullarda su tutma kapasitesi, bitki büyüme devresine bağlı olarak ıslatılacak toprak derinliği, eğim, toprakların su alma hızı, drenaj ihtiyacı, tuzluluk, alkalilik, taşlılık, erezyon, sulama aralığı, üniform bir su dağılımı için uygun parsel boyutları olarak sayılabilir (Ertuğrul ve Apan, 1979; Dizdar,1981).

Araştırma konusu Erzurum Daphan ovası DSI tarafından yapılmakta olan sulama şebekesi ile sulanacaktır. Yöre yıllık yağış bakımından yarı kurak iklim sınıfına girmektedir (Aküzüm, 1986). Yöre çiftçisinin geçim kaynağı tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Ovada tamamen kuru tarım olarak genellikle buğday, arpa, çavdar ve mercimek yetiştiriciliği yapılmakta , yaklaşık % 40' lık bir alan da her yıl nadasa bırakılmaktadır.

Sulu tarımda beklenen yararın sağlanması yeterli suyun zamanında ve etkin bir şekilde bitki kök bölgesinde depolanmasına bağlı olduğundan, bu araştırmanın amacı, sulama konusunda tecrübesiz olan bölge çiftçisinin, kontrollü bir su uygulaması yaparak kaynakları daha verimli kullanabilmelerini sağlamak için, ova topraklarının sulamada önemli parametreler oluşturan su tutma kapasitelerinin, infiltrasyon hızlarının, bitki su tüketimlerinin, toprak ve sulama suyu pH ve tuzluluklarının belirlenerek, elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle, bitki sulama programlarının, şebekeden alınması gereken su miktarlarının, uygun karık ve uzun tava (border) boyutlarının belirlenmesidir.

Araştırma beş kısımda toplanmış olup, birinci bölümü oluşturan giriş kısmında araştırmanın genel tanımı yapılmış, ikinci bölümde konuyla ilgili literatür gözden geçirilmiş, üçüncü bölümde araştırmada kullanılan materyal ve uygulanan yöntemler anlatılmış, dördüncü bölümde araştırma sonuçları verilmiş, bu sonuçların tartışması yapılmış ve beşinci bölümde önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Genel bir tanımla sulama, bitki gelişmesi için gerekli olan, ancak doğal yollarla karşılanamayan suyun toprağa verilmesidir.

Okuroğlu ve Yağanoğlu (1993) sulamanın, kısa kurak dönemlerde ürünün güvencesi olması, toprağın ve havanın serinletilmesi, toprakta bulunan toksik madde ve fazla tuzun yıkanması ya da seyreltilmesi, taban taşının yumuşatılması, yapay gübrelerin su ile toprağa verilmesi, toprakta bitki beslenmesi yönünden yararlı olan kimyasal ve mikrobiyolojik işlevlerin artırılması, bitkilerin don tesirinden korunması, hasat sonrasında toprağın işlenme tavına getirilmesi ve ekim için toprakta tohumların çimlenmesine yetecek nemin sağlanması, üretim ve gelirden büyük dalgalanmaların önlenmesi, iş gücünün daha verimli kullanılması, yılda birden fazla ürün alınması, verimin artırılması ve kalitenin yükseltilmesi gibi faydalarının olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Hansen, et al., (1979) tarafından da, toprağın borulanma tehlikesini azaltma ve buharlaşmayla soğutma ile tomurcuk oluşumunu geciktirme gibi faydalarının da olduğu ifade edilmiştir.

FAO tarafından yapılan geniş kapsamlı bir araştırma sonucuna göre, üretimi artırmada gübrelemenin etkisinin % 50, bitki zararlılarıyla savaşımın etkisinin % 40-50, yüksek verimli tohum kullanmanın etkisinin % 20-25 ve sulamanın etkisinin de % 100-300 olduğu belirtilmiştir (Özdengiz, 1986).

Bitkilerin normal gelişmelerini sürdürmeleri için yetişme dönemi boyunca devamlı olarak aldıkları suyun, bitki dokularında su olarak kaldığı, parçalanarak bitki bünyesinde çeşitli bileşiklerin yapımında kullanıldığı ve bitki yapraklarından terleme yoluyla atmosfere verildiği ifade edilmiştir (Yıldırım, 1993).

Özdengiz (1972) tarafından belirtilen, suyun bitki gelişmesindeki işlevleri aşağıda sıralanmıştır.

- Su bitki için bir besin elementi olup, fotosentez olayında hammadde ve katalizör görevi yapar.
- Bitki hücre ve dokularının turgor durumunda bulunmaları, bitkinin kendine özgü şeklini alması ve yapraklardaki stomatların açılıp kapanmaları doğrudan bitkinin içerdiği su ile ilgilidir.
- Enzimlerin aktivitesi, hücre ve dokulardaki metabolizma olaylarının düzenli olması suyun varlığına bağlıdır.

- Bitki besin elementlerinin bitki kökleri tarafından alınması için bu elementlerin suda erimiş durumda bulunmaları gerekir. Toprakta yeterli suyun bulunması bitki beslenmesi yönünden önemlidir.

- Su, bitki içerisinde taşıyıcı olarak görev yapar. Toprakta alınan besin maddelerinin bitkinin çeşitli dokularına iletilmesinde ve yapraklarda sentezlenen maddelerin bitki depo bölgelerine taşınmasında suya gereksinim duyulur.

- Su, bitki gövdesinin soğuk ve sıcaktan zarar görmesini engelleyerek bir tampon görevi yapar.

Toprakta hem gerekli olandan az, hem de kötü drenaj koşullarında gerekli olandan fazla nemin bulunmasının verim düşüklüğüne neden olduğu belirtilmektedir. Yıldırım' a (1993) göre, toprakta istenenden az nem bulunması koşullarında, su moleküllerinin toprak zerreleri tarafından tutulma gücünün artması ve bitkinin suyu alabilmesi için kökleri aracılığıyla daha büyük emme basıncı oluşturmak zorunda kalması nedeniyle ürün için kullanacağı enerjiyi su almak için kullanacağından verim düşecektir. Kötü drenaj koşullarında fazla suyun bulunması durumunda ise, toprakta oksijen azalmasıyla kök hücrelerinin bölünerek çoğalmasının yavaşlaması, istenen düzeyde kök gelişiminin sağlanamaması, organik maddeyi parçalayarak bitkinin alabileceği besin maddesi biçimine dönüştüren toprak mikroorganizmalarının faaliyetlerinin yavaşlaması ve toprakta besin maddelerinin alınmasını engelleyen zararlı bileşiklerin oluşması sonucu verim düşüklüğü görülecektir.

Sulamada başarı, sulamayı kontrol eden etkenlerin iyi bir şekilde incelenmesi ve elde edilen verilerin projelirmede değerlendirilmesiyle sağlanabilecektir.

Rasyonel bir sulama için Özdengiz' e (1992) göre, aşağıdaki dört sorunun cevaplandırılması gerekir.

- 1- Sulamaya gereksinim varmı ?
- 2- Gereksinim varsa ne kadar su verilmeli ?
- 3- Gerekli su ne zaman verilmeli ?
- 4- Gerekli su nasıl verilmeli ?

Bütün bu sorulara cevap bulmak amacıyla konuyla ilgili literatürler aşağıda başlıklar halinde gözden geçirilmiştir.

2. 1. Toprakta Suyun Tutulması

Toprakta su esas olarak toprak taneleri arasındaki boşluklar içerisinde tutulmaktadır. Toprak içerisinde suyun akışı ve depolanması boşluğun

büyüklüğü ve genellikle düzensiz geometrisiyle ilgilidir (Beven ve Germann, 1982).

Toprak gözenekleri Gemalmaz' a (1993) göre, toprağın bünyesinin ve yapısının bir sonucu olarak ortaya çıkmış olup, ayrıca bunların gelişmesinde bitki köklerinin ve faunanın önemli katkıları bulunabilir. Büyüklüğü 100 mikronu aşan gözenekler büyük gözenekler olup asıl işlevi drenaj ve havalanmadır. 100-30 mikron arasında olan gözenekler orta gözenekler olup asıl işlevi su iletimidir (hızlı kılcal akış). Küçük gözenekler ise 30-3 mikron arasında değişmekte olup su tutmaya yararlar (yavaş kılcal akış).

Toprakta suyun tutulması toprak nem potansiyeli ile ilgilidir. Toprak nem potansiyeli yerçekimi, matrik, osmotik ve gazlarla ilgili potansiyellerden oluşur (Skaggs, et al., 1983; Campbell ve Turner, 1992; Phene, et al., 1992). Fakat Skaggs, et al., (1983), gazlarla ilgili potansiyele toprak su akışında önem verilmediğini ifade etmiştir.

Demiralay (1977) tarafından, toprak-su-bitki ilişkilerinde toplam su potansiyelinin esas itibariyle matrik potansiyel ile osmotik potansiyelden oluştuğu ifade edilmiştir. Bununla beraber ıslak toprak veya toprağın derinliklerinden su alımı durumlarında yerçekimi potansiyelinin de hesaba katılması gerektiği belirtilmiştir.

Gemalmaz (1993), gözenekli bir ortam olan toprağın su ile temas edebilecek büyük bir yüzey alanının olduğunu, bu değerın kaba kumlarda $1000 \text{ cm}^2 / \text{g}$ ' dan killi topraklarda $1000000 \text{ cm}^2 / \text{g}$ ' ın üzerine kadar çıkabileceğini, toprak tanecikleri genellikle hidrofıl olduğundan suyun bu katı yüzeylere yapışma eğiliminde olduğunu, ayrıca yine killerin eksi elektrik yüküne sahip olmaları nedeniyle katyonları çekmelerine neden olduğundan sodyum gibi bazı katyonların " hidrasyon suyu " diye adlandırılan bir su tabakası ile kaplanmış bulunduğunu, böylece suyun toprağa bağlanmasına aracılık ettiğini belirtmiştir.

Yerçekimi potansiyeli, herhangi bir referans seviyesine göre suyun düşey yüksekliği ile ilgili potansiyeldir. Kırdı ve Nielsen (1977) tarafından, infiltrasyon sonu su dağılımında toprak bünyesi ne olursa olsun yerçekimsel yükün önemli olmadığı ifade edilmiştir. Çoğu zaman eriyik potansiyeli olarak da adlandırılan osmotik potansiyel özellikle tuzlu ve sodyumlu topraklarda oldukça önemlidir. Osmotik potansiyel (ψ_0) ile elektriki iletkenlik ($EC = \text{mmho/cm}$) arasında $\psi_0 = 0.36 EC$ şeklinde bir ilişki de verilmiştir (Perrier ve Salkini, 1991).

Toprakta suyun büyük bir kısmı kılcallıkla tutulmaktadır. Su moleküllerinin birbirini çekmesi kohezyon, diğer moleküllerle su molekülleri arasındaki çekim kuvveti ise adhezyon olarak tanımlanmaktadır. Tam doymun olmayan topraklarda katı tanecikler arasında kalan boşluklar su ve hava tarafından paylaşılır. Katı-sıvı ve sıvı-hava temas yüzeyleri şeklinde iki tip olan bu yüzeyler arası karşılıklı ilişkiler toprak tarafından suyun tutulmasını veya toprak içerisinde hareket etme durumunu belirler (Gemalmaz, 1993).

Toprak su seviyesi ile matrik potansiyel arasında fonksiyonel ilişkiyi gösteren eğri toprak nem karakteristik eğrisi olarak bilinir. Bu eğri, toprak nem tansiyonunun cm su yüksekliği olarak on tabanına göre logaritması alınarak bulunur ve pF olarak ifade edilir.

Suyun toprak tarafından tutulma gücü, toprakta bulunan su miktarı arttıkça azalır. Toprağın su üzerinde uyguladığı çekim kuvvetinden dolayı toprak suyu enerjisinin negatif olduğu belirtilmiştir (Munsuz, 1982; Gemalmaz, 1993).

Nem karakteristik eğrisi genellikle laboratuvarında basınç ve tansiyon yöntemleriyle belirlenir. Arazide ölçme olanağı sağlayan tansiyometreler ise -0.8 bar' a kadar potansiyeller için uygundur. Bu karakteristik eğri kullanılarak, gözenek dağılımlarının, verilen bir potansiyelde tutulan su miktarı veya herhangi iki potansiyel arasında tutulan suyun miktarının belirlenmesinde kullanılabileceği ifade edilmiştir (Demiralay, 1977; Skaggs, et al., 1983).

Toprak nem miktarının ölçülmesinde, arazide elle muayene, poroz blok elektriksel özelliklerinden yararlanma, tansiyometre, termal iletkenlik yöntemi ve nötron yöntemleri, laboratuvarında ise gravimetrik yöntem gibi çeşitli yöntemler uygulanmaktadır (Hansen, et al., 1979; Munsuz, 1982). Ayrıca arazide gama ışınları ve mikrodalga yöntemleri de kullanılmaktadır (Campbell ve Mulla, 1990). Çevik (1988) ile Ahuja ve Nielsen' e (1990) göre, yöntemler içerisinde en fazla kullanılanı gravimetrik, nötron saçılma ve gama ışınları yöntemleridir. Çevik (1988) tarafından, gravimetrik yöntemin çok iş gücü ve uzun zaman istediği, fakat basitliği ve güvenilir olması nedeniyle en fazla ve ayrıca diğer yöntemler için kalibrasyon standardı olarak kullanıldığı belirtilmiştir.

Toprakta bulunan su tutulma şekline göre sızan su (0 ile yaklaşık 1/3 atm arasında tutulan), kapillar su (yaklaşık 1/3 ile 31 atm arasında tutulan) ve higroskopik su (31 atm den daha büyük kuvvetle tutulan) olarak sınıflandırılmıştır (Demiralay, 1977).

Toprak suyunun pratik amaçlar için değerlendirilmesinde keyfi olarak tesbit edilmiş bazı nem düzeyleri, doyma noktası, tarla kapasitesi, solma noktası ve fırın kurudur. Tarla kapasitesi terimi sulamadan veya yağıştan 2-3 gün sonra, serbestçe drenajın sona erdiği anda toprakta yerçekimine karşı tutulan nemin en üst düzeyini ifade eder. Bu nem gerilimi değeri hafif bünyeli topraklardan ağır bünyeli topraklara doğru 1/10-2/3 atm arasında değişir. Güngör ve Yıldırım (1989), drenaj koşulları iyi olan topraklarda, toprağın tekstürü, strüktürü, toprak zerrecilerinin şekli ve gözenek durumuna bağlı olarak değişen tarla kapasitesi değerinin uygulamada 1/3 atm olarak alındığını ifade etmiştir. Sürekli solma noktası bitkinin topraktan su alamayarak solmaya başladığı andaki toprak su içeriğidir. Solma noktasındaki toprak rutubet tansiyonu 7-40 atm arasında değişebilmektedir. Bu değer hafif bünyeli topraklarda 7 atm, ağır bünyeli topraklarda ise 40 atm'ye kadar çıkabilmektedir. Ancak pratik amaçlarla 15 atm' de tutulduğu yaklaşımları yapılmaktadır (Yıldırım, 1993). Solma noktasında toprakta bulunan nem miktarına; bitkinin su tüketim hızı, yetiştirilen bitki çeşidi, topraktaki tuz miktarı ve birinci derecede de toprak tekstürünün etkili olduğu belirtilmiştir (Güngör ve Yıldırım, 1989).

2. 2. Toprakta Suyun Hareketi

Miller ve Klute (Alıcı, 1974), standart bir sulama uygulamasında suyun topraktaki hareketini; sulama sırasında infiltrasyon, sulamadan sonra suyun toprak içerisinde dağılımı ve bitki kökleriyle suyun topraktan alınması şeklinde tanımlamışlardır.

2. 2. 1. İnfiltrasyon

Yüzeyaltı sulama dışında diğer sulama yöntemlerinde su arazi yüzeyine uygulanır ve bitkilerin kullanımı için toprakta depolanır.

Gerek yağışlarla, gerek sulamalar nedeniyle toprak yüzeyine uygulanan suların toprak yüzeyinden toprak içerisine düşey olarak girmesi olayı infiltrasyon olarak adlandırılmıştır (Lal ve Pandya, 1972; Hakkören ve Ekmekyapar, 1983).

Musgrave (Özdengiz, 1974), toprak yüzeyi ince bir su tabakası ile kaplandığında, birim zamanda toprak yüzeyinin birim alanından geçen su hacmini infiltrasyon hızı olarak tanımlamıştır. Buna göre infiltrasyonun boyutu ($L^3 / L^2 T$) hız boyutunun aynısıdır (L / T).

İnfiltrasyon su ile doymun olmayan topraklarda meydana gelen bir olaydır. Sature koşullarda suyun hareketi hidrolik geçirgenlik olarak tanımlanmıştır (Yaşar ve Anaç, 1988).

İnfiltrasyon hızı sabit bir değere erişinceye kadar zamanla giderek azalır (Gardner, 1967). Çok kumlu topraklar hariç infiltrasyon hızı zamanın bir fonksiyonudur (Delibaş, 1989). Child ve Hillel' e (Sönmez, 1980) göre, kuru bir toprak yüzeyi aniden satüre duruma getirilince ince bir yüzey tabakasını etkileyen nem gradientinin çok büyük olması nedeniyle infiltrasyon hızının başlangıçta yüksek olduğu görülür. Islak cephe derine indikçe tansiyon gradienti ve buna bağlı olarak infiltrasyon hızı azalır. Tüm profil satüre duruma gelince infiltrasyon hızı sabitleşir ve eğer toprak homojen ve strüktür bakımından kararlı ise infiltrasyon hızı hidrolik iletkenlik değerine yaklaşır (Lin, et al., 1973). Fakat hava hapsinden dolayı infiltrasyon hızının hidrolik iletkenlik değerinden daha az olması olasılığının bulunduğu ifade edilmiştir (Skaggs, et al., 1983).

Bosch ve Onstad (1988), infiltrasyonun toprağın hidrolik iletkenliği tarafından kontrol edildiğini belirtmişlerdir. Ertuğrul' da (1971), özellikle nakil zonundaki hidrolik eğimin azalmasıyla infiltrasyonun geniş çapta etkilendiğini ifade etmiştir.

İnfiltrasyon hızının zamanla giderek azalmasında hidrolik eğimin azalması ve hava hapsinden başka, killerin ve mikroorganizmaların ıslanarak şişmesiyle gözeneklerin daraltılması, agregatların parçalanmasıyla oluşan küçük zerrelere gözenekleri tıkanması da söz konusudur (Özdengiz, 1991).

İnfiltrasyon hızı yağışın ne kadarının toprağa sızabileceğini ve ne kadarının yüzey akışla kaybolacağını belirlemede önemli bir ölçüdür (Santiago ve Antonio, 1984). Tava ve karık yöntemiyle yapılacak sulamaların projelenmesinde temel değişken toprağın infiltrasyon hızıdır (Norum ve Gray, 1970). Yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinde başlıkların ve damlatıcıların debileri ile yerleştirilme aralıklarının belirlenmesinde de infiltrasyon hızı kullanılır (Güngör ve Yıldırım, 1989). Tüm sulama yöntemlerinde bitki kök bölgesinde gereksinilen suyun depolanması için ihtiyaç duyulan sulama süresinin hesaplanmasında da infiltrasyon hızı önemlidir (Ertuğrul ve Apan, 1979; Yıldırım, 1993). Drenaj problemlerinin çözümünde de infiltrasyon ön planda yer alır (Delibaş, 1989).

2. 2. 1. 1. İnfiltrasyonu Etkileyen Faktörler

Hanks' ın (Delibaş, 1984) belirttiği üzere, infiltrasyon sürekli ve çabucak değişen pek çok faktörün toplu etkisiyle meydana gelen oldukça karmaşık bir olaydır. İnfiltrasyonu etkileyen bu faktörler arasında; toprağın tekstürü, strüktürü, organik madde miktarı, rutubet miktarı, kültüre alınma ve işlenme durumu, bitki örtüsü, arazinin eğimi, geçirimsiz bir tabakanın varlığı, yüzeydeki suyun yüksekliği, uygulanan sulama yöntemi, sulama süresi, toprağın sıkışması, çatlaması, derinliği, erezyon, toprak mikroorganizmalarının faaliyetleri, toprağın ve suyun

sıcaklığı, su ve toprak tuzlarının cins ve miktarı, kil ve kolloidlerin şişme derecesi, porozite, gözenek büyüklüğü, mevsim, taban suyu yüksekliği, hapsolmuş hava, arazinin topoğrafyası ve yağış şiddeti sayılabilir (Ertuğrul ve Apan, 1979; Delibaş, 1989; Güngör ve Yıldırım, 1989; Perrier ve Salkini, 1991).

İnfiltrasyon hızı tekstür kabalaştıkça artar. Skaggs, et al., (1983), düşük başlangıç nemine sahip topraklarda hidrolik eğim ve çok hazır depolama hacminden dolayı infiltrasyon hızının yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Kabartılmış, havalandırılmış ve granüler yapı kazandırılmış toprakların poroziteleri ve buna bağlı olarak infiltrasyon hızı artar (Delibaş, 1989). Toprakta gözenek büyüklüğü arttıkça infiltrasyon hızı artar (Gemalmaz, 1989).

Toprağın organik madde miktarı arttıkça suyun toprağa girme hızı artar. Büyük ve suya dayanıklı agregatları kapsayan topraklarda infiltrasyon yüksektir (Ergene, 1993).

Johnson' a (Özdengiz, 1970) göre, toprak derin, profil boyunca yapısı üniform ve yeraltı suyu derin ise infiltrasyon hızı üst toprak tarafından kontrol edilir. Fakat alt toprak tabakası üst toprak tabakasından daha az geçirgen ise infiltrasyon hızı alt toprak tabakası tarafından kontrol edilir.

Çatlaklar oluşturan killi topraklarda önce perkolasyon fazladır, fakat kil kolloidlerinin şişmesinden sonra perkolasyon hemen düşer (Ergene, 1993).

Zaslavsky (Sönmez, 1980), kuramsal ve deneysel yolla toprak üzerindeki su yükünün bir fonksiyonu olarak bulunan infiltrasyon hızı değerlerini birbirleriyle karşılaştırmıştır. Su yüksekliği arttıkça infiltrasyon hızının da arttığı görülmüştür. Sönmez' de (1980) yaptığı çalışmada, göllendirilmiş koşullarda Kostiaikov denklemindeki "k" parametresinin göllendirilen su yüksekliği ile doğru orantılı olarak değiştiğini belirtmiştir. Yine bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da 2.5-15 cm' lik su yükünün infiltrasyon üzerinde önemli olduğu belirlenmiştir (Ertuğrul ve Apan, 1979).

Sıcaklık değişmesiyle suyun viskozitesi değiştiğinden toprağın hidrolik özellikleri sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklığın artması yüzey tansiyonunun azalmasına neden olur. Yüksek sıcaklığa sahip topraklarda soğuk topraklara göre daha yüksek infiltrasyon hızı görülür (Zalidis, 1988; Jaynes, 1990; Ergene, 1993).

Farrell ve Larson (1972), yağmurlanan yüzeyin geçirgenliğinin yağmur damlasının darbe etkileri sonucu giderek azaldığını belirtmişlerdir. Mohammed ve Kohl (1987) yaptıkları çalışmada, damlacık kinetik enerjisi arttıkça infiltrasyon

hızının azaldığını, çıplak toprakta kümülatif infiltrasyon ve son infiltrasyon hızının büyük ölçüde etkilendiğini gözlemişlerdir. Yine Flanagan, et al., (1988) yaptıkları çalışmada, üniform yağışa göre pik yağış değerlerinin, yağışın başlangıcından itibaren ilerleyen sürelerde oluşması ile yüzey akış kaybının arttığını, toprağın infiltrasyon hızı düşükse, düşük yağış yoğunluklarında bile yüzey akışın meydana gelebileceğini belirtmişlerdir.

Bitki örtüsünün varlığında infiltrasyon hızları çıplak topraklara nazaran daha yüksektir (Hakgören ve Ekmekyapar, 1983; Yaşar ve Anaç, 1988). Hatta değer olarak Özer (1990), bitki örtüsünün varlığında infiltrasyon kapasitesinin çıplak araziye göre 3-7 kat artabileceğini ifade etmiştir.

Ertuğrul ve Hakgören (1973a) yaptıkları bir araştırmada, toprakların sürülmesi ve sürüm derinliğine bağlı olarak infiltrasyon hızının arttığını belirlemişlerdir. Zuzel, et al., (1990), yüzeyin artıkla kaplı olması durumunda işleme tipinin infiltrasyon üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını ileri sürmüşlerdir. Ankeny, et al., (1990), toprak işleminin tarla içi trafiğin söz konusu olmadığı durumda infiltrasyon hızının artışıdaki etkisinin az olduğunu belirtmişlerdir.

Eğimin infiltrasyon hızı üzerindeki etkisinin özellikle % 2' den daha aşağı eğimlerde önemli olduğu, bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda % 2' den yüksek eğimlerde eğim artışının önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Sönmez vd., 1984).

Kireçli topraklarda infiltrasyon hızı yüksektir (Yıldırım, 1993). Toprakta kireç bulunduğunda çok küçük zerreler birleşerek istenen irilikte kümecikler meydana getirirler. Alagöz (1984), bu amaçla killi topraklarda kolloidleri koagüle etmek için kireç verildiğini ifade etmiştir.

Keren (1991), yaptığı bir çalışmanın sonuçlarına bağlı olarak, Mg' lu topraklarda Ca' lu topraklara göre sabit infiltrasyon hızı ve sabit infiltrasyon hızına ermek için ihtiyaç duyulan kümülatif infiltrasyonun daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Sodyumlu şartlar dışında elektriksel iletkenlik arttıkça infiltrasyon artabilir (Perrier ve Salkini, 1991). Tuzlu topraklar fazla miktarda tuz bulundurmaları ve değişebilir sodyum yüzdesinin düşük olması nedeniyle genellikle floküle halledirler ve geçirgenlikleri yüksektir. Değişebilir sodyumun fazla olması durumunda toprak dispers hale gelerek balçıklanır, geçirgenlik çok düşer (Kanber vd., 1992).

Walker (1989), yüzey sulamada sulama mevsimi boyunca suyun hareketi sonucu yüzey yapısı ve geometrisi değiştiğinden, infiltrasyonda da belirgin değişimler görüldüğünü ifade etmiştir.

2. 2. 1. 2. İnfiltrasyon Eşitlikleri

Yağış ve göllendirilmiş koşullarda suyun toprağa infiltre olmasını açıklayan bir çok matematiksel eşitlik geliştirilmiştir. Horton, Kostakov ve Philip eşitlikleri en çok kullanılmakta olan eşitliklerdir (Sönmez, 1980).

Horton (Sönmez, 1980), yağış intensitesinin toprağın infiltrasyon hızından büyük olması durumunda yağış süresince infiltrasyon hızındaki azalmanın aşağıdaki eşitlikle açıklanabileceğini göstermiştir.

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-k t} \quad (2.1)$$

Eşitlikte; f , herhangi bir t anında infiltrasyon hızı, f_c , $t \rightarrow \infty$ için infiltrasyon hızı, f_0 , $t = 0$ anındaki infiltrasyon hızı, k , toprak özellikleri ve onun yüzey koşullarına bağlı olarak değişen bir sayı, t , zamandır.

Gardner ve Widstoe tarafından da Horton eşitliğine benzer bir eşitlik verilmiştir (Gardner, 1967).

Philip (Sönmez, 1980), toplam infiltrasyonla zaman arasındaki ilişkiyi veren ve suyun toprak üzerinde göllendirildiği koşullar için türetilmiş olan aşağıdaki kuramsal olarak geliştirilmiş eşitliği önermiştir.

$$y = S t^{1/2} + A t \quad (2.2)$$

Eşitlikte; y , toplam infiltrasyon, t , zaman, S , sorptivite katsayısı ve A , infiltrasyonun ileri döneminde etkili olan iletim katsayısıdır.

Sorptivite katsayısı, toprağın başlangıç ve yüzey nem kapsamının, toprağın hidrolik iletkenliğinin ve kum, kil yüzdesi ile poroziteye bağlı olarak belirlenen Green-Ampt ıslak cephe emme parametresinin bir fonksiyonu olarak bulunabilir (Rawls, et al., 1990).

Horton eşitliği gibi deneysel olarak geliştirilmiş olan diğer bir amprik eşitlik Kostakov eşitliğidir (Christiansen, et al., 1966; Gardner, 1967).

$$D = k t^a \quad (2.3)$$

Eşitlikte; D , herhangi bir t anında toplam infiltrasyon, a , 0-1 arasında değişen bir üs, t , zaman, k , $t=1$ için toplam infiltrasyondur.

Kostiakov denkleminin kısa süreli infiltrasyonlar için uygunluğu belirlenmiş olup, pratiktede en fazla kullanılan denklemdir (Ertuğrul ve Apan, 1979). Christiansen, et al., (1966) ile Clemmens ve Dedrick (1981), Kostiakov denkleminin deneme verilerine çok iyi uyum sağladığını, yine Delibaş' ta (1989), sulama uygulamalarında en uygun Kostiakov eşitliğinin kullanıldığını ifade etmişlerdir.

Bazı araştırmacılar Kostiakov eşitliğine yeni parametreler ekleyerek kullanmışlardır (Michael ve Pandya, 1971; Elliott ve Walker, 1982; Hart, et al., 1983; Tarboton ve Wallender, 1989).

$$y = k t^a + r t \quad (2.4)$$

Eşitlik 2.3' den farklı olarak r , $t \rightarrow \infty$ için infiltrasyon hızının aldığı değerdir.

Son yıllarda bir çok araştırmacı tarafından kullanılmaya başlayan bir başka denklem de Green ve Ampt denklemdir (Munsuz, 1982; Skaggs, et al., 1983; Jennings, et al., 1988; Wolfe, et al., 1988; Yaşar ve Anaç, 1988).

$$f = K (1 + (S (M_s - M_i) / F)) \quad (2.5)$$

Eşitlikte; f , infiltrasyon hızı, K , su ile doymun toprağın infiltrasyon hızı, S , ıslanma sınırındaki etkili kapillar emiş gücü, M_i , toprağın başlangıç su içeriği, M_s , satüre olmuş toprağın su içeriği, F , toprağa infiltre olan suyun hacmidir.

Skaggs, et al., (1969), yağmurlayıcılardan yararlanarak değişik toprak tipleri, eğim ve başlangıç nem kapsamlarından yararlanarak Horton, Philip, Green-Ampt ve Holtan eşitliklerini değerlendirmişler ve Horton eşitliğinin en iyi uyumu verdiğini, bu durumun infiltrasyon denemesinin yağmurlama ile yapılmış olmasından ileri gelebileceğini belirtmişlerdir.

Fangmeier ve Ramsey (1978), yedi ayrı karıkta yapmış oldukları denemeler sonucunda Philip eşitliğinin infiltrasyonu Kostiakov eşitliğine göre biraz daha iyi temsil ettiğini, fakat Philip eşitliğindeki katsayıların saptanmasının zor olduğunu ifade etmişlerdir.

Swartzendruber ve Youngs (1974) ile Smith (1976), yaptıkları çalışmalarda Green-Ampt ve Philip eşitlikleri arasında benzer sonuçlar bulmuşlardır.

Sönmez (1980), Horton, Kostiakov ve Philip eşitliklerinin tarla koşullarında karşılaştırılması üzerine yapmış olduğu denemeler sonucunda Philip ve Kostiakov eşitliklerinin toplam infiltrasyon gözlemlerine oldukça iyi bir uyum gösterdiğini saptamış ve her iki eşitliğinde kümülatif infiltrasyonu zamanın bir fonksiyonu olarak ifade etmek için güvenle kullanılabileceğini belirtmiştir.

Swartzendruber ve Huberty (Alıcı, 1980), yaptıkları tarla denemelerinde kısa süreli infiltrasyonun tanımlanmasında Kostiakov eşitliğinin daha uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Canarache (Sönmez, 1980), Kostiakov eşitliğinin deneysel gözlemlere Philip eşitliğinden daha iyi uyduğunu görmüştür.

2. 2. 1. 3. İnfiltrasyonun Ölçülmesi

Yıldırım (1993), su alma hızına etkili çok sayıda faktörden dolayı sulama uygulamalarında toprağın su alma hızının mutlaka ölçülmesi gerektiğini ifade etmiştir. İnfiltrasyonu ölçmede kullanılan tarla yöntemleri silindir infiltrometre, karık infiltrometre, karıklara giren-çıkan akım ölçülmesi, göllendirme (tava), yağmurlama ve hacim-denge yöntemi olarak sınıflandırılabilir (Delibaş ve Okuroğlu, 1987; Güngör ve Yıldırım, 1989). Ayrıca dolaşımli karık infiltrometreler de kullanılmaktadır. Son zamanlarda yüzey sulamada, suyun parsel uzunluğunun orta noktası ile sonuna ulaşma sürelerine göre iki nokta metodu olarak adlandırılan hacim-denge yaklaşımı yöntemiyle de suyun ilerleme verilerinden yararlanılarak, infiltrasyon parametreleri belirlenebilmektedir (Walker, et al.,1982; Walker, 1989).

Davis ve Fry (1963), karıklarda, silindir ve karık infiltrometre, karıklara giren-çıkan akış ve hacim-denge yöntemlerini kullanarak yapmış oldukları denemede hacim-denge yönteminin daha doğru sonuçlar verdiğini, ayrıca karık infiltrometrelerle silindir infiltrometrelere göre daha doğru sonuçlar alınabileceğini ifade etmişlerdir.

Balaban ve Benli (Alıcı, 1980), yaptıkları infiltrasyon ölçüm denemelerinde, silindir infiltrometrelerle karıklara giren-çıkan suyun ölçülmesiyle elde edilen değerler arasında yüksek bir korelasyon olduğunu belirlemişlerdir. Ancak silindir infiltrometre denemelerinden elde edilen değerlerin daha yüksek olduğunu da ifade etmişlerdir.

Norum ve Gray (1970), yağmurlama ile belirlenen infiltrasyon hızı değerinin yüzeysel sulamada kullanılamayacağını belirtmişlerdir.

Ayyıldız ve Benli (Alıcı, 1980), silindir ve karık infiltrometrelerle karıklara giren ve çıkan akım ölçmesi yoluyla infiltrasyonun belirlenmesi konusunda yaptıkları tarla denemelerinde, bu üç yöntem arasında yüksek bir korelasyon bulmuşlardır. Yalnız silindir infiltrometre sonuçlarının diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğunu gözlemişlerdir.

Ertuğrul ve Hakgören (1973b), sabit seviyeli silindir ve karık infiltrometreleriyle yapmış oldukları denemelerde elde edilen veriler arasında yüksek bir korelasyon saptayarak bu yöntemlerin birbiri yerine kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Fangmeier ve Ramsey (1978), karık infiltrometrelerin gerçek infiltrasyona göre daha düşük değerler verdiğini belirtirken, Alıcı da (1980), karık infiltrometrenin tarla sulama koşullarında ortaya çıkan infiltrasyondan daha büyük değerler verdiğini belirtmiştir.

Delibaş da (1984), tava ve karıklarda yapılan infiltrometre denemelerinin sulama koşullarında yapılması ile kuru koşullarda yapılması arasında önemli bir farkın olmayacağını, hacim-denge yönteminin silindir ve karık infiltrometrelere göre daha güvenilir olduğunu, infiltrometre denemelerinin her zaman gerçek infiltrasyon üzerinde değerler verdiğini ileri sürmüştür.

2. 2. 2. Suyun Toprak İçerisinde Hareketi ve Bitkiler Tarafından Alınışı

Toprakta suyun sıvı ve buhar fazdaki hareketi pratik bakımdan önemlidir. Sıvı fazdaki su hareketi de doymuş akış ve doymamış akış olarak ikiye ayrılabilir. Doymuş koşullarda akışta gözeneklerin hepsi değilse de çoğusu su ile doludur. Bu koşul taban suyu zonunda, şiddetli yağmurlar veya sulama sırasında mevcut olmaktadır. Doymuş koşullarda toprakta su hareketi önemli isede topraklar genellikle doymuş halde değildirler. Bitki-toprak-su ilişkileri doymamış toprak koşullarında yer almaktadır (Okuroğlu ve Yağanoğlu, 1993).

Tarla koşullarında başlıca iki tip doymamış su hareketi söz konusudur. Bunlar; yağmur veya sulama suyunun nisbeten kuru toprak içerisinde yukarıdan aşağıya doğru hareketi ve taban suyu seviyesinin doyurduğu toprak seviyesinden yukarı doğru su hareketidir (Hakgören ve Ekmekyapar, 1983; Delibaş, 1989).

Toprak yüzeyinde bulunan suyun toprağa girişi ve toprak içerisinde hareketi sırasında profil boyunca nem dağılımı bakımından çeşitli bölgeler oluşur. Bunlar; saturasyon bölgesi, geçiş bölgesi, taşıma bölgesi ile ıslanma bölgesi ve sınıridir (Hansen, et al., 1979; Skaggs, et al., 1983; Perrier ve Salkini, 1991). Saturasyon bölgesi yüzeyden bir kaç cm derinliğe inen bölgedir. Taşıma bölgesi yaklaşık sabit nem içeren (saturasyon kapasitesinin % 80' i) bölgedir. ıslanma bölgesi ise ıslanma sınırına doğru nem miktarı giderek azalan ve ıslanma sınırında son bulan bölgedir (Hakgören ve Ekmekyapar, 1983).

Yukarıda belirtildiği gibi sulama sırasında verilen su, toprak profili boyunca belli bir derinliği ıslatar. ıslanma derinliği toprak bünyesi ve yapısına bağlı olarak

değişmektedir. Sulamanın bitiminde ilk defa aşağı yöndeki su hareketi daha etkin bir şekilde ortaya çıkıp ıslanma derinliği artar. Sonraları evapotranspirasyon nedeniyle toprak yüzeyine yakın kısımlarda su miktarının azalması sonucu hidrostatik yük yukarı yönde azalmaya devam ederken toprak profili derinliklerinden yukarı yönde su hareketi başlar. Toprak içerisinde suyu hareket ettirici bir etken olarak ortaya çıkan hidrostatik eğimin, evapotranspirasyon, sıcaklık farklılıkları, yerçekimsel yük, bitki kökleri tarafından suyun alınması, tuz konsantrasyonu dağılımı vb. nedenlerle oluştuğu ve bu eğimden dolayı, tarımsal arazilerde toprak profili boyunca su miktarının sürekli değişim halinde kaldığı belirtilmiştir (Kırda ve Nielsen, 1977). Yine Bahtiyar (1979) ve Munsuz da (1982), suyun topraktaki hareketinin tek yönde olmayıp her yönde ve yüksek potansiyel bölgesinden alçak potansiyel bölgesine doğru, bir başka ifadeyle emme basıncı düşük olan yerden emme basıncı büyük olan yere doğru olduğunu ifade etmişlerdir.

Yıldırım (1993), toprağın yüzeyden itibaren 10-15 cm' lik derinlikte buharlaşma bölgesindeki nemin sulamadan sonra buharlaşma yoluyla kısa sürede atmosfere karıştığını, 15-45 cm arasında asıl kök bölgesinde ise bitki kökleriyle alınan suyun yapraklardan terleme yoluyla atmosfere verilmesinin söz konusu olduğunu belirtmiştir.

Genellikle kapillar yükselme hızı kumlu topraklarda en yüksek olup, toprak tekstürü inceldikçe azalmaktadır. Ancak maksimum kapillar yükselme ise kumlu topraklarda en az tınlı topraklarda en fazla olmaktadır (Demiralay, 1977).

Taban suyu tablasının yüzeye yakın olduğu durumlarda, doygun bölgeden doygun olmayan bölge yardımıyla yüzeye kararlı akış olur. Bu durumda yüzeyde tuzlulaşma olmakla birlikte, toprak nemi değişmeksizin sürekli buharlaşma söz konusudur. Buna karşın yüzlek bir su tabakasının yokluğunda, yüzeyden su kayıpları ve bunun sonucu profilde suyun yukarı akışının, toprağın kurummasına yol açan kararsız bir olaya neden olacağı ifade edilmiştir (Munsuz, 1982).

Bitkiler suyu topraktan, kılcal köklerin hücre öz suyunun oluşturduğu osmotik basınç (emme) yardımıyla alırlar. Dolayısıyla su alımında iki kuvvet karşı karşıyadır. Bunlar Özdengiz (1992) tarafından da belirtildiği üzere, toprak eriyiğinin osmotik basıncı ile kılcal köklerin hücre öz suyunun osmotik basıncıdır. Bitki köklerinin osmotik basıncı toprak eriyiğinin osmotik basıncından büyük olduğu sürece bitki kökleri tarafından topraktan su alınmaktadır. Yapılan çok sayıda araştırmalar toprak eriyiğinin osmotik basıncı arttıkça, bitki gelişiminin azaldığını göstermiştir (Goldberg, 1977).

Toprak-su-bitki ilişkileri yönünden toprak rutubetinin bitki kök bölgesine akış hızı, bitkinin terleme hızına uygun olmalıdır. Özdengiz (1972) tarafından, genellikle iyi bir bitki gelişimi için toprağın su iletim hızının 0.2-1 mm/h' ten az olmaması gerektiği ifade edilmiştir. Fakat kapillarite ile emici köklere doğru bazı su hareketi olmasına karşın, özellikle tarla kapasitesinin altındaki nem koşullarında, bitki köklerinin su alan kesime doğru büyümelerini sürdürerek suya ulaşmalarının daha önemli olduğu kabul edilmektedir (Güngör ve Yıldırım, 1989).

Toprak nem miktarı azaldıkça, gerek etkili gözenek kesit alanı azaldığı ve gerekse nem tansiyonu arttığı için su hareketi yavaşlamaktadır (Demiralay, 1977). Nem seviyesi azaldıkça suyun toprak içerisindeki buhar olarak hareketinin arttığı ve hareketinde buhar basıncının azaldığı yere doğru olduğu ifade edilmiştir (Hansen, et al., 1979).

Yaklaşık pF 4' e karşılık gelen toprak nem miktarlarında toprakta bağlı nem % 100' de kalmaktadır. Bu durumda yüzey toprağın kurumamasından sonra, üst toprak ile alt toprak arasında bağlı nem farkına dayanan buhar basıncı gradienti gelişebilir. Buhar fazda su hareketinin, bitki büyümesi bakımından, kurak ve yarı kurak bölgelerde önemli olduğu kabul edilmektedir (Demiralay, 1977).

2. 3. Bitki Su Tüketimi

Tankut (Güngör, 1990), bitki çeşidinin belirtilmediği durumlarda bitki su tüketimi terimi yerine evapotranspirasyon terimi kullanıldığını ifade etmiştir. Evapotranspirasyon terimi, evaporasyon (buharlaşma) ve transpirasyon (terleme) terimlerinin birleşmesinden oluşmaktadır. Evaporasyon sıvı veya katı halde bulunan suyun meteorolojik ve çevre koşullarının etkisiyle atmosfere gaz halinde dönmesidir. Bir başka ifadeyle, yağış veya sulamadan sonra toprak yüzeyinde veya bitki üzerinde biriken sudan ve ıslak toprak yüzeyinden atmosfere aktarılan su buharı miktarıdır (Kanber vd., 1990). Apan (1981a), evaporasyonda sıcaklık, yükseklik, hava akımları, nemlilik ve atmosferik basınç gibi meteorolojik etmenler ile toprak nem miktarı, su iletim kapasitesi, yüzeyin karla kaplı olması, su derinliği, suyun tuzluluğu, veya içerisinde erimiş katı maddeler vb. yüzey özelliklerinin etkili olduğunu belirtmiştir.

Transpirasyon fiziksel bir olay olup, suyun köklerden yapraklara taşınıp buhar halinde bitki yapraklarındaki stomatlardan atmosfere geçmesidir. Transpirasyon hızı bitki yapraklarıyla temasta olan atmosfer kısmının su buharı konsantrasyonu ile yaprak mezofil hücre zarlarının dış yüzeylerinde mevcut su buharı konsantrasyonu arasındaki farka bağlıdır. Bitkilerin genellikle topraktan aldıkları

suyun % 99.8 ini terleme ile atmosfere verdikleri, kalan çok küçük kısmı ise fotosentez için içlerinde tuttıkları belirtilmiştir (Özdengiz, 1972; Bayazıt, 1991). Eğer transpirasyon hızı, köklerin absorbe ettikleri su miktarından fazla ise solgunluk, sulama suyu randımanlı kullanılmaz ise aşırı ölçüde uyarılmış terleme meydana gelir (Kanber vd, 1990).

Transpirasyon yaşayan bitkilerde meydana geldiğinden, tüm yetiştirme mevsimi boyunca devam eder (Hansen, et al., 1979). Gürel (1975), transpirasyonun güneş radyasyonunun etkisi altında gündüz saatlerinde meydana geldiğini, geceleyin bitkinin stomatlarının kapandığını ve bitki yüzeyinden çok az bir nem miktarının çıktığını, diğer taraftan buharlaşmanın aslında gündüz saatlerinde meydana gelmesine rağmen iç ısı devam ettiği müddetçe meydana geldiğini belirtmiştir.

Sulama suyunun yüzeysel yöntemlerden biriyle verildiği yerlerde, büyük miktarda suyun bitkinin kök ve yapraklarına girmeden doğrudan toprak yüzeyinden buharlaşma ile kaybolduğunu belirten Hansen, et al., (1979), aynı şekilde hafif yaz sağanaklarının veya küçük yağmurlama sulamalarının transpirasyonda kullanılmadan buharlaştığını, çok ender olarak 5 mm den daha az sağanakların transpirasyonda kullanıldığını ifade etmişlerdir.

Tarla şartlarında pratik bakımdan toprak bitki ile örtülü olduğundan buharlaşma ve terleme arasında bir ayırım yapmanın zor olduğu belirtilmiştir (Gürel, 1975). Yine uygulamada terleme ile buharlaşmanın ayrı ayrı ölçülüp değerlendirilmesi de oldukça güçtür (Güngör ve Yıldırım, 1989). Sulama açısından da önemli olan toprak nemindeki azalmayı değerlendirme olduğuna göre bu iki terim birleştirilerek evapotranspirasyon olarak kullanılabilir.

Jensen (Güngör, 1990) tarafından evapotranspirasyon, birim alandan transpirasyon yoluyla kaybolan su ile bitki dokusunun yapımı için kullanılan, toprak ve kar yüzeyinden veya bitki yüzeylerinde yağışla tutulan sudan buharlaşma ile uzaklaşan suyun toplamı olarak tanımlanmıştır. Hidrolojik çevrim içerisinde önemli süreçlerden birisini oluşturan evapotranspirasyonda, yeryüzüne düşen suyun % 60-70 gibi büyük bir kısmının toprak ve su yüzeyinden çoğunlukla buharlaşma ve bitkiden terleme yoluyla atmosfere döndüğü belirtilmiştir (Saxton ve Cordery, 1988; Özer, 1990).

Bitki yetiştirilen herhangi bir alanda evapotranspirasyonla kaybolan su miktarına iklim faktörleri ile birlikte bitki ve toprağa ilişkin özellikler ve bir derecede de kültürel uygulamalar (malçlama gibi) etki etmektedir. Bitki su tüketimine etki eden iklim faktörleri; sıcaklık, güneş enerjisi, güneşlenme süresi, hava nemi ve

rüzgar hızı, bitkiye ilişkin faktörler; bitki cinsi, büyüme devresi ve gelişme süresi, toprağa ilişkin faktörler; nem, işlenme ve bitki ile kaplılık durumudur (Kodal ve Benli, 1987; Delibaş, 1989; Yıldırım, 1993).

Genel bir kavram olan evapotranspirasyon içerisinde potansiyel ve gerçek evapotranspirasyon terimleri de kullanılmaktadır. Potansiyel evapotranspirasyon, toprakta her zaman için yeterli miktarda nemin bulunduğu koşullarda meydana gelen su tüketimidir (Bayazıt, 1991). Gerçek evapotranspirasyon ise, iklimsel koşulların etkisi, toprakta kullanılabilir suyun varlığı, bitki söz konusu olduğunda da, bitkinin topraktan nem çekme gücüne bağlı olarak atmosfere geçen gerçek su buharı miktarıdır. Gerçek evapotranspirasyon bitki ve toprak çeşidine bağlı olarak artar veya azalır, potansiyel evapotranspirasyon iklim koşullarının aynı olduğu durumlarda, bitki ve toprak tipi ayrı olsa bile tüm alan ve bitkiler için aynıdır (Anon., 1982). Ancak toprakta hiçbir zaman yeterli nem bulunmayacağından dolayı gerçek evapotranspirasyon, potansiyel evapotranspirasyondan daha düşüktür (Delibaş, 1989). Son yıllarda potansiyel evapotranspirasyonu yorumlamada karışıklıklar nedeniyle potansiyel evapotranspirasyon yerine referans evapotranspirasyon yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Güngör ve Yıldırım, 1989).

Kodal ve Benli (1987) ile Heermann (1988), evapotranspirasyonun; bitkinin sulama suyu gereksiniminin belirlenmesinde, sulama programlarının hazırlanmasında, tamamlayıcı sulamanın gerekli olup olmadığına karar vermede, sulama projelerinin keşif ve fizibilite çalışmaları ile planlanması, yapımı, işletilmesi ve bakımında vb. bir çok alanda temel döne olarak arandığını ve kullanıldığını belirtmişlerdir.

Evapotranspirasyonun belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar üç ana grup altında toplanmıştır. Bunlar; deneysel (hidrolojik denge) yöntemler, mikrometeorolojik ve amprik yöntemlerdir (Yaşar ve Anaç, 1988).

Deneysel yöntemler kütlenin korunması prensibine dayalı olarak geliştirilen doğrudan ölçüm yöntemleridir (James, 1988). Deneysel yöntemler içerisinde tank ve lizimetreler, tarla deneme parselleri, toprakta nem azalmasının kontrolü ve su dengesi yöntemleri sayılabilir (Ertuğrul ve Apan, 1979; Özer, 1990; Okuroğlu ve Yağanoğlu, 1993).

Mikrometeorolojik yöntemler, atmosfere geçen su buharı yoğunluğunu bulmak amacıyla geliştirilmiş olup, aerodinamik, enerji dengesi ve kombinasyon yöntemleri olarak incelenmiştir (James, 1988; Yaşar ve Anaç, 1988).

Bitki su tüketiminin denemelerle tesbiti zaman alıcı ve pahalı olduğundan, bazı araştırmacılar iklim faktörleri ile bitki su tüketimi arasında ilişki kurarak bir takım amprik ilişkiler geliştirmişlerdir. Ancak bu eşitliklerin çoğusu referans bitki su tüketiminin tahmin edilmesini sağladığından, ayrıca bulunan bu değerlerin bir de bitki katsayısıyla düzeltilmesinin gerekliliği belirtilmiştir (Güngör ve Yıldırım, 1989).

Referans evapotranspirasyon tahmin yöntemlerini Hatfield ve Fuchs (1992), kombinasyon, radyasyon, sıcaklık ve açık su yüzeyinden buharlaşma yöntemleri olarak sınıflandırmışlardır. Tablo 2.1' de Güngör (1990) tarafından, özet hale dönüştürülmüş çeşitli amprik eşitlikler ve eşitliklerde kullanılan iklim faktörleri verilmiştir. Araştırmacı ayrıca bu eşitliklerin kullanımlarını da irdelenmiştir.

Kombine eşitliklerle yapılan evapotranspirasyon tahminleri sahil iklimlerinde ölçülen evapotranspirasyondan daha fazla değerler vermektedir. Hata yüzdesi genellikle kış aylarında daha büyüktür. Fakat bu hatalar, bu zamandaki düşük evapotranspirasyondan dolayı daha az önemlidir. Nemliliği esas alan yöntemler, evapotranspirasyonu yılın ilk sekiz ayında ölçülen evapotranspirasyondan az, sonbaharda ise fazla tahmin etmektedir. Sınıflandırmada çoklu ilişkiler içerisinde yer alan Behnke-Maxey metodu ile, ölçülen evapotranspirasyondan yüksek, Oliver metodu ile de düşük değerler elde edilmektedir. Christiansen yöntemi diğer yöntemlerden daha çok doneye gereksinme gösterdiğinden uygulanması sınırlıdır. Radyasyonu esas alan yöntemler, evapotranspirasyonu daha az tahmin etmektedir. Çünkü serin sahil koşullarında elde edilmiştir. Sıcaklığı esas alan yöntemler, ölçülen evapotranspirasyondan daha düşük değerler vermektedir (Güngör, 1990).

Referans bitki su tüketimini belirleme yöntemlerinden biri olan kab buharlaşması yönteminde, kabtan olan buharlaşmaya etkili olan iklim faktörlerinin tamamı, aynı zamanda su tüketimine de benzer biçimde etkili olduğundan bu yöntemle oldukça sağlıklı sonuçlar alınmaktadır (Yıldırım, 1993).

Buharlaşma kablarından A tipi buharlaşma kabı DSI, DMI ve Köy Hizmetleri meteoroloji istasyonlarınca kullanılan alet tipidir. Yüzey alanı 1 m², derinliği 25 cm ve çapı 121.9 cm, kabtaki su derinliği ise 20 cm' dir (Özer, 1990).

Benli (1980) tarafından, devlet sulama şebekelerinde su kullanımı üzerine yapılan bir çalışmada, Türkiye' de 14 sulama şebekesi alanında, Blaney-Cridde, Penman, Christiansen-Hargreaves ve Jensen-Haise yöntemleri ile bulunan toplam su ihtiyacı hesaplamaları arasında istatistiksel yönden önemli bir fark bulunmamıştır.

Tablo 2.1. Bitki Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılan Eşitlikler

Sınıflandırma	Eşitlik	İ K L İ M E T M E N L E R İ															
		T	H	U	P	Y	B	G	R	D	E	M	k	b	y	d	
Kombine	Kohler ve ark.	X	X	X	"					"	X	"	"				
	Penman 2. Mdf	X	X	X	"					"	X	"	"	X			X
	Van Bavel Busing.	X	X	X	X					X		X	"				X
Nemlilik	Ivanov	X	X														
	Ostromecki	X												X			
	Papadakis	X	X														X
Çoklu ilişki.	Behnke-Maxeş	X										X					
	Christiansen	X	X	X				X				X					
	Oliver	X										X					
Radyasyon	Jensen- Haise Mdf	X								"	X	"	X				
	Makkink	X			"						X		"				
	Stephens-Stewart	X									X						
	Turc	X	X							"	X	"					
Sıcaklık	Blaney-Criddle Mdf	X										X					X
	Thornth Waite	X															X

- T : Sıcaklığa ilişkin etmenler
H : Nisbi neme ilişkin etmenler
U : Rüzgar hızına ilişkin etmenler
P : Barometrik basınç etmeni
Y : Yağış etmeni
B : Buharlaştırma etmeni
G : Güneşlenme süresi etmeni
D : Enleme göre değişen etmenler
" : Diğer etmenler bulunmadığında gereksinilen etmenler
- k : Bitki katsayısı
b : Bitkiye ilişkin etmenler
y : Yüzeğe ilişkin etmenler
d : Diğer etmenler
X : Tahmin için gerekli etmen.
M : Ay (zaman) etmeni
R : Güneş radyasyonu etmeni
E : Yükseklik etmeni

Belirtilen bir çok yöntem içerisinde uygulamalarda oldukça sağlıklı bir sonuç veren yöntem Penman yöntemidir (Güngör ve Yıldırım, 1989). Penman yöntemiyle bulunan evapotranspirasyon değerleri ile ölçülmüş evapotranspirasyon değerleri arasında çok yüksek korelasyonlar bulunmuştur (Sönmez vd., 1984; Özer, 1990).

Türkiye' de yapılan çalışmalarda, genel olarak Penman yönteminin diğer yöntemlere göre daha sağlıklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Bunun nedeni olarakta yöntemde, sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı ve güneşlenme süresi gibi dört iklim faktörünün yer almış olması gösterilmiştir (Kodal vd., 1992).

2. 4. Sulama Zamanı ve Her Sulamada Verilecek Su Miktarı

Bitkiler toprakta tarla kapasitesi ile solma noktası arasında tutulan faydalı sudan yararlanırlar. Ancak sulama olanağı varsa, yetiştirilen bitkilerin çoğunun gelişmesinin toprak neminin orta değerlerinde teşvik edilmesi, aşırı ve yetersiz nem durumlarında ise yavaşlaması nedeniyle toprakta bulunan nemin solma noktasına kadar düşmesi hiç bir zaman istenmez. Bu nedenle uygulamada keyfi olarak faydalı suyun % 50-75' i gibi miktarları tüketildiğinde sulamaya başlanması gerektiği belirtilmiştir (Wu ve Liang, 1972; Hansen, et al., 1979). Aynı şekilde Güngör ve Yıldırım (1989) ile Perrier ve Salkini (1991) tarafından genellikle faydalı suyun % 50' si tüketildiğinde sulamaya başlanması ifadesi kullanılırken, Özdengiz (1991) tarafından da tarla kapasitesindeki suyun 2/3' ünün kullanılması durumunda sulamaya başlanması gerektiği belirtilmiştir.

Topraktaki nem dengesi ile ilgili olarak Eşitlik 3.2 incelendiğinde, alttan beslenmenin söz konusu olmadığı durumlarda yetiştirme mevsiminde sulama zamanının, bitki su tüketimi ve etkili yağışa bağlı olarak değiştiği görülmektedir (İstanbulluoğlu ve Sevim, 1992).

Bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyun bir kısmı doğal olarak, yani yağışlarla karşılanır. Atmosferden değişik şekillerde yeryüzüne düşen yağışın ancak derine sızma ve yüzey akış kısımları dışındaki bölümü kök bölgesinde depolanmakta ve bitkiler tarafından kullanılmaktadır. İşte bu kısım etkili yağış olarak adlandırılmaktadır (Hakgören ve Ekmekyapar, 1983; Kanber vd., 1990). Özdengiz (1992), genel olarak etkili yağış tahminlerinde 5 mm ve daha fazla olan yağışların dikkate alındığını ifade etmiştir. Çelenk ve Gürel (1973), birikme kapasitesinden dolayı bitki sulama suyu ihtiyacının fazla olmasının daha büyük bir yağış etkinliğine, daha az bitki sulama suyu ihtiyacının da daha düşük bir yağış etkinliğine neden olduğunu belirtmişlerdir.

Etkili yağışın belirlenmesinde bir çok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler Kanber vd., (1990) tarafından, toprak nem değişimlerinin saptanması, günlük toprak nem dengesinin izlenmesi, lizimetreler, bidon tekniği (çeltik için), renfro denklemi, USBR yöntemi, Etp/yağış oranı, deneysel USDA-SCS yöntemi, amprik ilişkiler, ramdas yöntemi ve toplama aleti olarak sınıflandırılmıştır.

Burman, et al., (1983) ile Perrier ve Salkini (1991), etkili yağışın hesaplanmasında USBR yönteminin daha uygun olduğunu belirtmişlerdir. Türkiye' de de etkili yağışın belirlenmesinde USBR yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde belirli yağış miktarlarında farklı yüzdeler göz önüne alınarak etkili yağış hesaplanmaktadır (Anon., 1982; Özer, 1990; Kodal vd., 1992).

Ne zaman sulamaya başlanacağı bitki gözlemleri (görünüş ve gelişme, yaprak sıcaklığı, yaprak su potansiyeli, stomal direnç), toprak gözlemleri (görünüş ve hissetme, gravimetrik belirleme, tansiyometreler, poroz bloklar, nötron yöntemi vd.) ve su bütçesi teknikleriyle belirlenebilir (James, 1988).

Sulama zamanının bitki su stresine bağlı olarak belirlenmesinde kullanılan yöntemler olan; su potansiyeli yöntemleri (psikrometrik yöntem, basınç odacığı yöntemi), su içeriği yöntemleri (oransal su içeriği, beta ışını ölçüm yöntemi) ve uzaktan algılama (infrared termometre) yöntemlerini inceleyen Baştuğ ve Kanber (1989) tarafından , infrared radyasyon termometresi ile bitki taç örtüsü sıcaklığının izlenmesi yönteminin gelecekte pratik olabileceği belirtilmiş, aletin kullanımının kolay, fiyatının ucuz sayılabilmesi, ölçümlerin bir çok bitkiyi dolayısıyla tarlayı temsil edebilmesi ve hızlı sonuç alma olanağının bulunması nedeniyle de ümit verici olduğu ifade edilmiştir.

Sulama zamanı belirlendikten sonra verilecek net su miktarı ise, toprakta o an mevcut nemi kullanılabilir nemin üst sınırı olan tarla kapasitesine çıkaracak bitki kök derinliğine bağlı olarak belirlenen miktar kadar olacaktır.

2. 5. Sulama Yöntemleri

Kültür bitkilerinin optimum gelişmesi için gerekli suyun tarlaya verilmesinde toprak koşulları, topoğrafik koşullar, bitki çeşidi, su kaynağı ve suyun özellikleri, iklim durumu, bölgede yaygın bulunan gelenekler, enerji, sermaye ve iş gücü önemli birer etkidir (Ertuğrul ve Apan, 1979; James, 1988; Yıldırım, 1993). Her tarım arazisinin özelliği farklı olduğundan, seçilecek sulama yöntemi de mevcut koşullara uygunluk göstermelidir. Apan (1981b), seçilen sulama yönteminin; üniform su dağılımı sağlayabilmesi, derine sızma kayıpları ve yüzey akışı minimum kılması, erezyona neden olmaması, mekanizasyonu engellememesi ve tuz sorunu olan yerlerde tuzların yıkanmasını sağlayabilmesi gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca minimum işgücü, suyun dağıtım ve kontrolünde minimum arazi kullanımı ve arazi sınırlarına uygunluk ta sağlayabilmelidir (Hansen, et al., 1979). Yazar vd., (1987) tarafından, en uygun sulama yönteminin seçiminde analitik-teknik ve teknik-ekonomik aşamaları içeren bir çözüm şekli verilmiştir.

Sulama yönteminin son seçiminin ise ekonomik ve mali analizlere göre yapılacağı belirtilmiştir.

Sulama sistemleri, suyun iletim ve dağıtım biçimine göre; yerçekimi sulama sistemleri ve basınçlı sulama sistemleri, hizmet götördükleri alana görede; tarla sulama sistemleri ve büyük sulama sistemleri olarak gruplara ayrılmaktadır (Yıldırım, 1986). Tipik bir yerçekimi sulama sistemi belli başlı beş unsurdan oluşmaktadır. Bunlar; su toplama yapısı, saptırma ve su alma yapısı, taşıma kanalı, su dağıtım kanalı (ana kanal, sekonder kanal, tersiyer kanal, kuarter kanal), sanat yapıları ve tesisleridir (Çevik ve Tekinel, 1990).

Genel olarak sulama yöntemleri, yüzey sulama yöntemleri (salma, tava, uzun tava, karık) ve basınçlı sulama yöntemleri (yağmurlama, damla, sızdırma) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Maier, 1981; Güngör ve Yıldırım, 1989).

Yüzey sulama yöntemleri, tarla başından bir hendek veya boru ile sulanacak alana alınan suyun toprak yüzeyinden akarak ilerlemesiyle geliştirilen sulamalardır (James, 1988). Walker (1989), tarım alanlarının sulanmasında kullanılan yöntemlerden birisi olan yüzey sulamanın, hem daha az masraflı oluşu, hem de çeşitli arazi ve bitki koşullarına kolayca uygulanabilmesinden dolayı yaygın olarak kullanıldığını belirtmiştir.

Uzun tava (border) sulama yöntemi, su alma hızı çok düşük olan çok ağır topraklar dışında her tip toprak için uygun olup, özellikle yonca, hububat, yem bitkileri ve mera sulamalarında kullanılabilir (Delibaş, 1989). Karık sulamada arazi yüzeyinin belirli bir kısmı (1/2-1/5) ıslatılmaktadır. Karık sulama, su tutma kapasitesi yüksek, hafif bünyeli topraklarda suyun derine hareketi fazla yanıl hareketi az olduğundan orta ve ağır bünyeli topraklarda, sıraya ekilen bitkilerin, meyve ağaçlarının ve bağların sulanmasında kullanılır (Yıldırım, 1993).

Son yıllarda sulama sistemlerindeki gelişmelere paralel olarak yağmurlama sulama yöntemlerinde doğrusal hareketli, center-pivot ve LEPA (düşük enerji, kusursuz uygulama) sistemleri uygulamaları ortaya çıkmıştır (Yazar vd., 1990; Ross ve Hedlund, 1991). Yine minifüs (mini yağmurlayıcılar) ve düşük basınçlı bubbler sistemleri de giderek yaygınlaşan modern sulama sistemleridir (Çevik ve Yazar, 1985; James, 1988; Yazar ve Tekinel, 1989).

Doğrusal hareket eden yağmurlama sulama sistemleri tarlanın bir kenarında hareket ederek tüm araziye hiç boşluk bırakmadan sular. Merkezi pivot sisteminde ise, yağmurlama kolu bir merkez etrafında dönerek yağmurlama yapar. Yağmurlama sulama sisteminde gerekli olan basıncın sağlanması için

kule sistemi ve kot farkından yararlanma yollarına da gidilmektedir (Bekişoğlu, 1984). Lyle ve Bordovsky (1983) tarafından geliştirilen LEPA sistemi de doğrusal hareket eden ve merkezi pivot sistemlerinin bir başka modifikasyonudur. Bu sistemde su laterallerden toprak yüzeyinin hemen üzerine dek uzanan boru üzerine yerleştirilmiş spray başlıklarıyla çok düşük basınçlarda uygulanmaktadır.

Minifüsler prensipte damla sulama sistemlerine benzer olup, bu yöntemde toprak yüzeyinin bir bölümü ıslatılmaktadır. Ancak suyun damlatıcıdan damlatılması yerine, çok ince su hüzmeleri şeklinde uygulanması söz konusudur. Her minifüsün ıslatma alanı 1 m² veya daha fazladır. Bubbler sistemi de damla sulamanın diğer bir modifikasyonudur. Bu sistemde su, gömülü bir laterale bağlı 1-3 cm çapında hortumlardan sağlanır. Hortumların, yüzeyde bağlandığı ağaç veya çiteler üzerinde, düşey yönde hareket ettirilmesiyle de istenen debi sağlanmış olmaktadır. Çevik ve Yazar (1985), bu sistemde düşük enerji gereksinimi, düşük işletme ve bakım masrafları ve yüksek sulama randımanı gibi üstünlükler bulunduğunu belirtmişlerdir.

Coupal ve Wilson' a (Ul vd., 1992) göre, basınçlı sulama yöntemleri ile yüzey sulama yöntemlerine göre sulama suyunda % 10-40 tasarruf yapılabilmesine karşın, yatırım ve enerji giderlerinin yüksek olması en büyük olumsuz yanlarıdır. Bu nedenle son yıllarda yüzey sulama yöntemleri üzerinde yapılan çalışmalar yoğunlaştırılmış ve bu çalışmalar randımanın artırılmasına yönelik olmuştur. Böylece yüzey sulamada gelişmeler doğrultusunda azaltılmış karık debileri (cutback irrigation), kesikli akış (surge flow) ve cablegation olarak adlandırılan sulama tekniklerinin uygulamaları ortaya çıkmıştır (Anaç vd., 1993).

Cablegation, tarla başında su iletim ve dağıtımında kullanılan delikli boru sisteminin otomasyonudur (Yazar ve Sezen, 1992). Kesikli sulama, karık ve uzun tava sulamasında suyun araziye belirli aralıklarla uygulanmasıdır (Ul vd., 1992). Kesikli su uygulaması ile toprağın infiltrasyon hızı genellikle azalmakta ve bu teknikle sürekli akışa kıyasla ilerleme hızlandırılmakta ve yüzey akış kontrol edilmektedir (Walker, et al.,1982; Kemper, et al., 1988; Purkey ve Wallender, 1989; Yazar ve Kanber, 1992). Trout (1991), azalan bu ilerleme zamanının azalan infiltrasyon hızının bir sonucu olduğunu belirtmiştir. Ayrıca kesikli sulamada toplam sulama süresinin de azaldığı belirtilmiştir (Izuno, et al., 1985). Kesikli sulama, su uygulama üniformitesine ve randımanına önemli derecede iyileştirme potansiyeli ve sulayıcıya sürekli akışa kıyasla daha fazla işletme alternatifi sağlarken, sürekli akış sistemine göre daha yoğun ve yüksek işletim

düzeyi gerektirdiği, iyi idare edilmediği takdirde yüksek miktarda yüzey akış meydana gelebileceği ifade edilmiştir (Mohammad ve Goldhamer, 1988; Yazar vd., 1992).

Cutback sulamada ise temel amaç, öncelikle kırığa erezyon yaratmayacak en büyük akış miktarının uygulanarak suyun olabildiğince kısa sürede karık sonuna ulaşmasının sağlanması, bundan sonra ise debinin belirli oranda azaltılarak sulamanın azaltılmış debi ile tamamlanmasıdır. Bu şekilde derine sızan ve karık sonunda yüzey akışa geçen su miktarının oldukça azaltılabildiği belirtilmiştir (Anaç vd., 1993).

2. 6. Sulama Suyu Kalitesi

Sulama projelerinde, toprak kaynaklarının sulamaya uygunluğu kadar su kaynağının da sulama için uygun olması önemlidir.

Sulamada kullanılan su yeraltı ve yerüstü su kaynaklarından sağlanmaktadır. Bu kaynaklardan gelen sular üzerinden ve içinden aktıkları toprak ve kayalardan erittikleri bir çok kimyasal maddeleri (tuzları) içerirler. Erözel (1986), sulama sularında anyon olarak en fazla; karbonat, bikarbonat, sülfat, klor, nitrat, katyon olarak; kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum eseri miktarda da bor, silis, flor, kükürt, fosfor, demir vs. gibi kimyasal maddeler bulunabileceğini belirtmiştir. Yüzeysel su kaynağı olarak atık sularda kullanılabilir. Ancak bu sular fazla miktarda ve çeşitli toksik maddeler içerebilirler (James, 1988). Sızıntı ve drenaj suları sulamada en önemli tuz kaynağını oluşturan sulardır (Kanber vd., 1992). Hoffman, et al., (1983), yeraltı sularının genellikle yüzey sularından daha tuzlu olduğunu ve yüksek oranlarda bor, sodyum ve nitrat içerdiğini belirtmiştir.

Suda çözünmüş halde bulunan tuzların bir kısmı bitki besin maddelerini veya toprağın verimli olmasına yardım eden faydalı tuzları oluştururken, bir kısmı da bitki gelişmesini azaltan hatta önleyici etki yapan tuzları oluştururlar. Mc Kee ve Wolf e (Apan, 1976a) göre, tuzların bitki bünyesine olan zararlı etkileri osmotik ve zehir etkisiyle doğrudan, toprak yapısını değiştirerek de dolaylı yoldan olmaktadır. Ayrıca bitkilerin esas besin maddelerini dengeli bir biçimde alabilmeside engellenebilmektedir (Gemalmaz, 1993).

Erözel (1986), sülfat ve nitratın bitki gelişmesi için mutlaka gerekli olduğunu, ancak yüksek miktarda sülfatın kalsiyum çökmesine neden olarak bitkilere toksik etki, fazla nitratın ise toprak geçirgenliğini azalttığını, klorun da toksik etki yaptığını, kalsiyum, magnezyum, potasyumun bitki gelişmesi için temel besin maddelerini oluşturduklarını, ayrıca kalsiyum, magnezyumun toprağı daha

geçirgen ve işlenebilir yaptığını, sodyumun ise toprak geçirgenliğinin azalmasına neden olduğunu belirtmiştir. Gemalmaz (1993), bor' un temel bitki besin elementi olduğunu, kökler aracılığıyla alınarak yapraklara taşınıp, yaprakların uç ve kenarlarında birikerek yaprak dokusuna zehir etkisi yapacak düzeye yükselebileceğini ifade etmiştir.

Kanber vd., (1992), sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesinde beş kriter olduğunu belirtmiştir. Bunlar; sediment miktarı, eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu, sodyumun diğer iyonlara göreceli oranı, bor ve öteki toksik iyonlar ile artık sodyum karbonat miktarıdır.

Yazar (1989), toprakta biriken tuzun asıl kaynağının sulama suları olduğunu, bunun nedeni olarak ta sulama sularının içerdiği tuzun, saf suyun evapotranspirasyonla alınmasıyla, toprakta birikmesinden kaynaklandığını belirtmiştir. Tuzlulaşma bazen ana materyalin tuzlu oluşundan da meydana gelebilir. Toprağın tuz konsantrasyonu uygulanan suyun konsantrasyonundan genellikle yüksektir (Hoffman, et al., 1983; Kanber vd., 1992).

Christiansen, et al., (Apan, 1976b), sulama suyunun kullanıldığı ortamdaki özelliklerin de suyun kalitesi kadar önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu özellikler; drenaj yeterliliği, sulama yönteminin uygunluğu, toprakların fiziksel özellikleri, bitkilerin tuza dayanımları, sulama ve drenajın tüm olarak idaresidir.

Sulama ve toprak yönünden gerekli önlemler alındığı ve drenaj olanakları sağlandığı taktirde çok iyi nitelikli olmayan sular bile toprağa ve bitkiye zarar vermeden kullanılabilir. James (1988) ve Yazar (1989), tuzluluk kontrolü için alınacak önlemleri; sık sulama yapılması, bitki seçilmesi, ilave yıkama yapılması, ekim öncesi sulama yapılması, tohumun ekim yerinin seçilmesi, sulama yönteminin değiştirilmesi, kullanılan su kaynağının değiştirilmesi, arazi tesviyesi, toprak profilindeki geçirimsiz tabakaların kırılması, su girişinin iyileştirilmesi, atlamalı karık sulama yapılması, drenaj ve kimyasal uygulamalar olarak belirtmişlerdir.

Sulama yöntemlerinin tuzlulaşmaya etkileri farklı olmaktadır. Tüm proje alanının ıslatıldığı yağmurlama, salma ve tava gibi sulama yöntemlerinde tuzluluk derinlikle artar. Karık sulama yönteminde toprağın aşağı kısımlarında tuz birikir ancak, buharlaşmanın fazla olduğu yüksek kısımlarda da (karık sırtlarında) tuz birikimi görülür. Damla sulamada tuz damlatıcının oluşturduğu ıslak cephenin sınırına doğru itilerek burada birikir. Sızdırma sulamada tuz toprak yüzeyinde veya üst katmanlarda birikme eğilimindedir (Kanber vd., 1992). Karşılaştırılabilir koşullarda sulama yöntemleri tuzluluk-verim ilişkileri yönünden irdelendiğinde,

damla sulama yönteminde, toprak sürekli tarla kapasitesi civarında nem içerdiğinden, kök bölgesinde tuz konsantrasyonu düşük seviyede kalmakta, böylece özellikle tuzlu suların kullanılması durumunda bu yöntemde daha fazla verim alınmaktadır. Yapılan çok sayıda araştırmada bu durum görülmüştür (Şahin, 1991).

Gemalmaz (1993), nemli iklim bölgelerinde genellikle tuzluluk sorunu ile karşılaşılmayacağını, sulu tarım uygulanan alanlarda ise tuzlulaşmanın en genel biçimde karşılaşılan bir tehlike olduğunu belirtmiştir. Sulu tarım alanlarında bitki kök bölgesinde biriken tuzun uzaklaştırılması amacıyla yıkama için sulama işlemi sırasında toprağa bitki gereksiniminden fazla su verilmesi gerekmektedir. Fazla verilen suyun, doğal drenaj iyi ise taban suyunda bir yükselmeye neden olması söz konusu değildir. Ancak çoğu kez tarım arazilerinin doğal drenajı yeterli olmadığından, sulamaya yeni açılacak alanlarda sulama tesislerine paralel olarak drenaj tesislerinin de faaliyete geçirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Ayyıldız, 1983).

2. 7. Sulama Randımanları

Genel olarak randıman belirli bir amaca ne derecede erişildiğinin ifadesidir. Sulama uygulamalarında yararlanılan kaynak su olduğundan, bir su kaynağından alınan suyun araziye iletdikten sonra ne derecede yararlı olduğu da sulama randımanı ile belirtilir.

Randımanı azaltan en önemli etkenler, suyun tarlaya getirilmesine kadar meydana gelen buharlaşma ve sızma kayıpları, tarlada uygulama sırasında oluşan derine sızma, yüzey akış, ve toprak yüzeyinden buharlaşma kayıplarıdır.

Sulamada elde edilmesi veya erişilmesi istenen hedeflere bağlı olarak sulama randımanları Delibaş (1989) tarafından da belirtildiği üzere; su iletim randımanı, su uygulama randımanı, su depolama randımanı, su dağıtım randımanı ve toplam sulama randımanı olarak sınıflandırılabilir.

Kaynaktan bir hektarlık alanı sulamak için alınacak sürekli akış debisi olan sulama modülünün belirlenmesinde su uygulama ve su iletim randımanlarının bilinmesi gerekmektedir. Su uygulama randımanı bitki kök bölgesinde depo edilen su miktarının tarlaya verilen su miktarına oranı, su iletim randımanı ise tarlaya verilen su miktarının kaynaktan saptırılan su miktarına oranıdır (Delibaş, 1989). Yüzey sulama yöntemlerinde su uygulama randımanları genellikle % 40-60 arasında iken bu değerler yağmurlama sulamada % 70-80, damla sulamada ise % 80-95 olarak gerçekleşmektedir (Anaç vd., 1993).

Yüzey sulamada toprak yüzeyinin hem absorbe etme ve hem de su dağıtım ve taşıma ortamı olmasından dolayı, suyun toprak yüzeyinin bir yerinden diğer bir yerine geçişi zamandan dolayı, yüzeyin her noktasının (özellikle çok uzun tava ve karıklarda) su alma şansını farklı kılmaktadır (Özdengiz, 1973). Bu nedenle, yüzey sulamada parsel sonlarının yeterli su alabilmesi için belirli bir miktar yüzey akış kaybının, parselin baş kısmında ise derine sızma kayıplarının olacağı muhakkaktır. Yüzey sulamanın bu özelliğinden dolayı Delibaş (1987), optimum koşullarda bile su uygulama randımanının % 70' in üzerine çıkarılmasının oldukça güç olduğunu belirtmiştir.

Sönmez vd., (1984), Tekinel vd., (1985) ve Delibaş (1989), iyi bir sulama planlamasında su uygulama randımanının % 50-60' tan az olmaması gerektiğini, Hansen, et al., (1979) da yüzey sulamada su uygulama randımanının % 60 olarak alınabileceğini belirtmişlerdir.

Çevik ve Tekinel (1990) tarafından, su iletim randımanının, kanalların her kademesinde (tersiyer, yedek, ana kanal) % 5 ten toplam % 15 kayıba göre % 85 olarak kabul edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Toplam sulama randımanının uygulanan sulama yöntemine, toprağın yapısına ve su dağıtım sistemine bağlı olarak % 25-85 arasında değiştiğini belirten Özer (1990), toplam sulama randımanının % 35 ten aşağı düşmesinin istenmediğini ve yüzey sulamada maksimum sulama randımanının % 65, yağmurlama sulamada ise % 85 olduğunu ifade etmiştir.

2. 8. Yüzey Sulamada Su İlerleme Hesaplama Yöntemleri

Yüzey sulama hidrolöji ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda akış olgusunu açıklamada iki yaklaşım kullanılmıştır. Bunlar akışı kinematik yönden açıklayan hacim-denge yaklaşımı ile kinematik ve dinamik ilişkilerin birlikte analiz edildiği hidrodinamik yaklaşımdır (Bassett, 1972).

Hacim-denge yaklaşımı kütlelerin korunumu ilkesine dayanmaktadır. Bu yaklaşımda herhangi bir anda tarlaya verilen suyun, yüzeyde ve yüzey altında depolanan su miktarının toplamına eşit olduğu kabul edilir (Christiansen, et al., 1966). Hidrodinamik yaklaşım ise açık kanal akışında akış derinliği ile hız arasında ilişkiyi veren Saint-Venant eşitlikleri olarak bilinen süreklilik ve momentum eşitliklerinin çözümüne dayanmaktadır (Kincaid, et al., 1972; Sakkas ve Strelkoff, 1974; Bassett ve Fitzsimmons, 1976; Clemmens, 1979).

Hidrodinamik yöntemlerde diferansiyel denklemlerin çözümünün karmaşık bir bilgisayar programı ve önemli miktarda bilgisayar zamanı gerektirdiğini belirten

Katopedos ve Strelkoff (Delibaş, 1984), ileri düzeydeki matematiksel modellerin, yüzey sulamanın planlanması aşamasında pahalı olacağını belirtmişlerdir.

Hacim-denge yöntemleriyle ilgili çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilen farklı çözümler, Alıcı (1980) ve Delibaş (1984) tarafından, yapılan çalışmalarda verilmiştir. Bu çözümlerden 1965 yılında Fok ve Bishop tarafından verilen eşitliğin, çeşitli araştırmacılar tarafından yapılmış tarla deneme sonuçlarıyla iyi bir uyum sağladığı belirtilmiştir (Alıcı, 1980). Karıklar için bu eşitlik aşağıdadır.

$$L = \frac{0.06 Q T}{\frac{C y^m}{1 + b} + \frac{W F K T^a}{a (1 + a)}} \quad (2.6)$$

Eşitlikte;

- L = Karık uzunluğu (m),
- Q = Karığa verilen erezyon yapmayacak maksimum su debisi (l/s),
- T = Toplam sulama süresi (min),
- y = Karık başındaki su derinliği (m),
- W = Karıklar arası mesafe (m),
- b = Bir parametre,
- F = Kiefer düzeltme faktörü (F faktörü),
- K = İnfiltrasyon denklemindeki parametre (m/dak),
- a = Kümülatif infiltrasyon denklemindeki üs,
- C ve m = Karık kesit alanı parametreleridir.

Uzun tava boyunun belirlenmesi amacıyla da farklı araştırmacılar tarafından çok çeşitli formül ve abaklar verilmiştir. Bunların bazıları tarla denemeleri ile kalibrasyonu yapılmış matematiksel modellerdir (Alıcı, 1980). Uzun tava boyunu veren çeşitli formül ve abaklar içerisinde daha az ve kolayca elde edilebilir donelere gerek duyulan Shockley, et al., (1964) tarafından önerilen ve daha sonraları da Hart, et al., (1983), Kırdı vd., (1983) ve James (1988) gibi bir çok araştırmacı tarafından da kullanılan eşitlik aşağıdadır.

$$L = 0.6 Q (T - T_L) E / F_n \quad (2.7)$$

Eşitlikte;

L = Uzun tava (Border) uzunluğu (m),

Q = Birim genişlikte uzun tavaya uygulanan su debisi (l/s),

T = Uygulanacak net sulama suyunun toprağa girme süresi (min),

T_L = Geri çekilmenin başladığı ana kadar geçen süre (gecikme süresi),(min),

E = Su uygulama randımanı (%) ve

F_n = Net sulama suyu uygulamasıdır (mm).

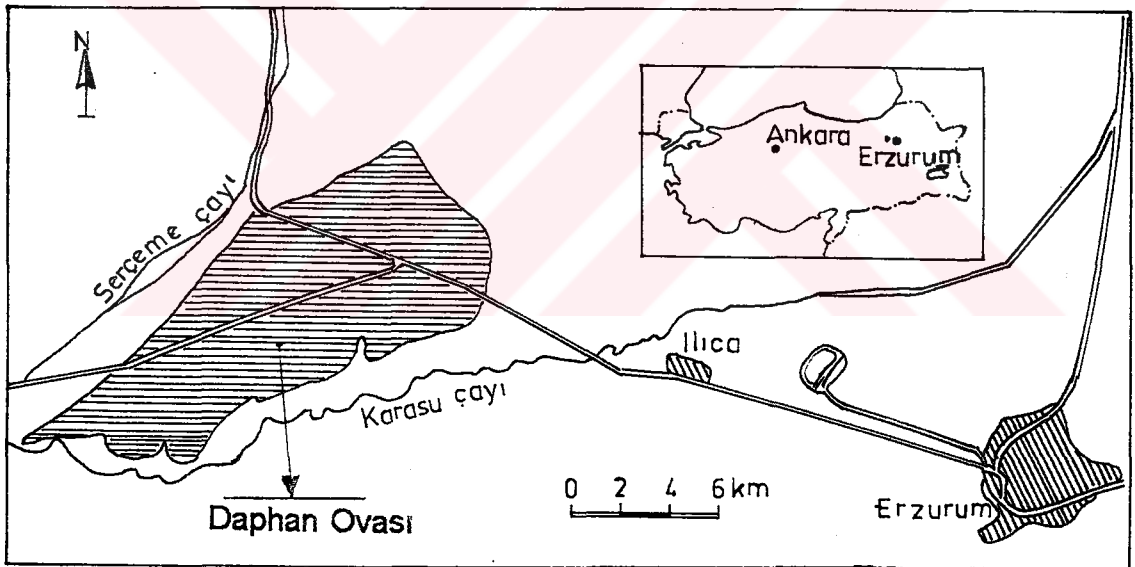


3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

3.1.1. Daphan Ovasının yeri

Erzurum projesi kapsamındaki Erzurum ovası içerisinde yer alan Daphan ovası, Erzurum şehir merkezinin 25 km batısında, Erzurum-Erzincan karayolu üzerinde bulunmaktadır (Şekil 3.1). Ova doğuda birbirini takip eden Körpınarlar, Karabayçayırı ve Çubuklu dereleri, batıda Serçeme deresinin doğu terası yamaçları, kuzeyde doğu-batı doğrultusunda yer alan Kumlutepe ve Deveoturağı tepelerinin güney etekleri ve güneyde ise Daphan düzlüğünün Karasu çayına bakan yamaçları ile sınırlandırılmıştır. Daphan ovası Erzurum ilinin Ilica ve Aşkale ilçeleri sınırları içerisinde girmekte ve izdüşüm alanı olarak 108234.9 dekarlık bir alan kaplamaktadır (Akgül, 1992).



Şekil 3.1. Daphan Ovasının Türkiye' deki yeri

3.1.2. Daphan Ovasının Fizyografisi ve Jeolojisi

Daphan ovası, kuzeyden güneye doğru alçalan bir yüksek düzlüktür. Batıda serçeme deresine iki basamaklı bir terasla inilir. Ovanın kuzey kesimi kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda alçalmaktadır. Çok sayıda kuru dere ile yarılmış olan bu kesim oldukça tekdüze meyillidir. Orta kısımda hemen hemen düz bir arazi yer alır. Güney kesim ise özellikle Karasu vadisine birleşen kesimlere doğru, 100 m derinliğine kadar kuru dereler tarafından oldukça fazla miktarda yarılmış, Karasu çayına çoğu yerde oldukça sarp yamaçlarla inilen bir plato görünümündedir. Bu kesim oldukça ondüleli ve kompleks eğimlidir.

Ovanın büyük bir kısmı gölsel üst miosen depozitleri üzerinde yer alan, üst pliosen yaşlı aglomera, bazalt, tüfit, killi kireçtaşı, kumtaşı ve çakıltaşı bileşimli alüviyal ve kuzey etekler ise benzer bileşimli kolüviyal materyallerden oluşmuştur. Fakat Akgül (1992) tarafından, mevcut toprak gövdesinin tamamıyla altındaki materyalden oluştuğunun söylenemeyeceği ve altındaki iri çakıllı materyal ile büyük bir litolojik zıtlık gösteren ince bünyeli toprak gövdesinin önemli bir kısmının, sonradan su ve rüzgar taşınması ile gelmiş, ince bünyeli, bazaltik bir materyalden oluştuğu ifade edilmiştir.

Ovanın doğusundaki Karasu ovasına geçiş bölgelerinde, yer yer yüzeye kadar çıkan marn tabakaları yer almaktadır. Bu durum, ovanın daha önceleri göl tabanı olduğunu ve muhtemelen Serçeme deresi ve ovanın kuzeyindeki diğer yan derelerin getirdiği alüviyal materyalle ve daha sonra da mevcut toprak gövdesini oluşturan daha ince bünyeli bir materyalle örtüldüğü kanısı uyandırdığı Akgül (1992) tarafından belirtilmiştir.

3. 1. 3. İklim Durumu

Bölgeye ilişkin iklim verileri çalışma alanına 25 km uzaklıkta ve yaklaşık aynı yükseklikte yer alan Erzurum Meteoroloji istasyonu rasatlarından alınmıştır ve Tablo 3.1' de verilmiştir. Bu verilere göre yıllık ortalama sıcaklık 5.9 °C, yıllık yağış 447.2 mm, yıllık ortalama nisbi nem % 64, günlük güneşlenme süresi 7.05 saat, yıllık ortalama rüzgar hızı 2.6 m/s, yıllık buharlaşma 1059 mm dir (Anon., 1974; 1994b).

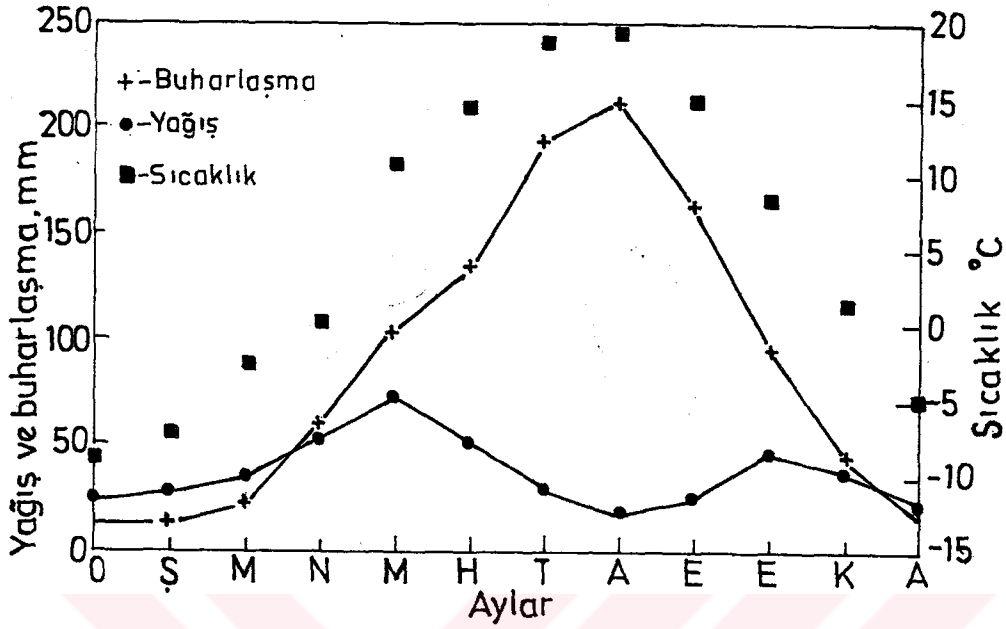
Bölgeye en fazla yağış Mayıs ayında (73.1 mm), en düşük yağış ise Ağustos ayında (18.7 mm) düşmektedir. Yıllık yağışın yaklaşık % 40' ı bitkilerin ekim dönemi ile gelişme dönemine (Nisan-Haziran) denk gelmekte ve toprakta yeterli nemin bulunmasını sağlamaktadır.

Akgül' e (1992) göre oluşturulan Şekil 3.2' deki iklim grafiği incelendiğinde yılın sekiz (Nisan-Kasım) ayında buharlaşmanın yağıştan fazla olduğu görülmektedir. Kalan dönemde ise (Aralık- Mart), yağış buharlaşmanın üzerindedir ve genellikle kar şeklinde düşmektedir. Zaten bu dönemlerde de sıcaklık sıfırın altında olduğundan kar örtüsü donmuş durumdadır.

Tablo 3.1' deki değerlerden de görülebileceği gibi, bölge ikliminin kışları soğuk ve uzun, yazları serin ve kısa geçen bir karasal iklim olduğu söylenebilir (Anon., 1993c).

Tablo 3.1. Erzurum İline Ait Meteorolojik Değerler

Meteorolojik Veriler	Rasat Süresi (Yıl)	A Y I L A R												Yıllık
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
En Yüksek Sıcaklık °C	62	8.0	10.6	17.8	23.5	29.6	32.2	35.0	34.0	31.4	27.0	20.7	12.3	35.0
En Düşük Sıcaklık °C	62	-33.0	-32.5	-27.5	-18.5	-6.4	-3.2	1.0	-1.1	-6.8	-12.0	-25.6	-35.0	-35.0
Ortalama Sıcaklık °C	62	-8.7	-7.2	-2.6	5.2	10.7	14.4	19.3	19.5	14.9	8.3	1.4	-5.0	5.9
En Yüksek Nisbi Nem %	61	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
En Düşük Nisbi Nem %	61	30	29	14	3	3	5	6	2	1	5	15	19	1
Ortalama Nisbi Nem %	61	76	75	74	65	61	56	50	47	50	61	72	76	64
Yağış mm	62	24.7	28.9	35.2	53.3	73.1	52.0	29.2	18.7	25.0	47.5	36.8	22.6	447.2
Yağışlı Günler Sayısı	62	11.5	11.1	12.3	13.3	15.8	11.1	6.6	4.8	5.0	9.2	9.5	10.6	120.8
Günlük En Çok Yağış Mik. mm	62	40.3	23.4	35.6	39.5	38.3	43.8	58.2	44.6	39.2	46.3	33.5	35.4	58.2
Ortalama Rüzgar Hızı m/s	53	1.9	2.2	2.5	3.1	3.0	2.8	3.0	3.0	2.7	2.6	2.2	2.0	2.6
Ort. Güneşlenme Süresi h	40	3.09	4.22	5.13	6.29	8.05	10.27	11.35	11.05	9.30	7.05	4.51	3.11	7.05
Buharlaşma mm	26	11.8	12.1	22.9	59.2	103.3	132.2	192.2	211.9	161.7	93.2	41.0	17.3	1059.0



Şekil 3. 2. Erzurum ili iklim grafiği

3. 1. 4. Toprak Kaynakları

Araştırma alanı topraklarının DSI elemanlarıncı yapılan değerlendirme sonuçları bir rapor halinde sunulmuştur (Anon., 1979b). Daha sonraları Akgül (1992) tarafından, ovanın toprak yönünden tanımlanması ile ilgili olarak yapılan çalışmada ise Daphan ovası toprakları altı arazi sınıfına ayrılmıştır.

Koluflyuviyal üst etek araziler: Ovanın kuzey ve kuzeydoğu bölümünde yer alan 18339.4 dekarlık bir arazidir. Arazinin büyük bir kısmında kaba iskelet maddeleri profil içerisinde dağılmış durumdadır. Arazinin 6487.5 dekarı, Ermecik köyü civarında % 5-14 eğimli ve 20-60 cm derinlikte, orta ve yer yer ileri derecede erezyona uğramış ve hafif çakıllı (ECd₃), 1350 dekarı, % 2.5-5 eğimli, 70-80 cm derinlikte, taşlılık, çakıllılık problemi olmayan, iyi drenajlı, hafif erezyona uğramış (EBd₂), 1226.9 dekarı % 15-20 eğimli, 10-40 cm derinlikte, çok şiddetli erezyona konu olmuş, taşlı ve çakıllı (EDd₄), 1120.6 dekarı, % 6-15 eğimli, 20-60 cm derinlikte, iyi drenajlı, % 20' yi geçmeyen yüzey çakıllılığının görüldüğü (ECd_{3r2}) ve 8154.4 dekarı % 3-6 eğimli, 60-90 cm derinliğinde yer yer 1. sınıf taşlılığın görüldüğü topraklardır (EBç₂).

Etek düzlükleri: Daphan ovasının Karasu çayına bakan güney tarafında orta kısımda yer alan 5093.8 dekarlık alan kaplayan araziler ile, Aşkale-İspir yol ayrımından başlayarak İspir yolu boyunca sağlı sollu uzanan 14673.2 dekarlık alan kaplayan arazilerden oluşur. Bu arazilerin 1816.7 dekarı 90-110 cm

derinlikte, % 0.5-2 eğimli (Ad₁), 2185.4 dekarı % 0-3 eğimli, 55-90 cm derinlikte, aşırı sulamada yüzey drenaj probleminin görülebileceği (Ad₂), 1091.7 dekarı % 5-12 eğimli, yer yer çakıllı alt katmanın yüzeye kadar çıktığı 30-70 cm derinlikte (AC), 6625 dekarı % 0-2 eğimli, 80-120 cm derinlikte, bazı kısımlarda yüzey drenajı zayıf (ld₁), 4825 dekarı % 0.5-3 eğimli, 50-85 cm derinlikte, hafif çakıllı sığ arazi kompleksinin bulunduğu, yüzey drenajları ld₁' e göre daha iyi (ldze₁), 2366.9 dekarı % 3-5 eğimli, 60-90 cm toprak derinliğine sahip, kuru dere yataklarına doğru çakıllılık ve lokal olarak 1.sınıf taşlılık görülen (lB), 856.3 dekarı % 2-7 eğimli, 30-60 cm derinlikte, yer yer hafif çakıllı olan topraklardır (lBe₂).

Dalgalı alt etek araziler: Daphan ovasının orta kısmından başlayarak güneybatıya doğru uzanan araziler ile Daphan ovasının doğudaki girişinde Erzurum-Erzincan karayolunun kuzey kısmından başlayarak Aşkale-İspir yol ayrımına kadar uzanan toplam alanı 43311.8 dekar olan arazilerdir. Bu arazilerin, 3608.3 dekarı % 2-5 eğimli, dalgalı topoğrafyaya sahip, 50-100 cm derinlikte, yüzey drenajı çok iyi (Dd₂), 439.6 dekarı % 6-15 eğimli, 20-50 cm derinlikte, ileri derecede erezyona uğramış, taşlı ve % 20 yüzey çakıllılığına sahip (Dt₁), 581.3 dekarı % 10-15 eğimli, sığ derinlikte, ileri derecede erezyon nedeniyle alttaki kireçli ve kaba iskelet maddelerince zengin horizon pulluk katına kadar çıkmış, % 40 yüzey çakıllılığına sahip (DDe_{3ç1}), 1887.5 dekarı % 3-9 eğimli, 50-90 cm derinlikte (Hr₂), 1306.3 dekarı % 2- 10 eğimli, 20-50 cm toprak derinliğine sahip, alttaki çakıllı materyalin pulluk katına kadar çıktığı (He_{2ç1}), 1795.8 dekarı % 2- 5 eğimli, 65-110 cm derinlikte (Hd₂), 3902.1 dekarı % 2- 4 eğimli, 80-110 cm derinlikte, drenaj problemi olmayan (Md₁), 2889.6 dekarı % 2- 4 eğimli, 50- 90 cm derinlikte (Md₂), 468.8 dekarı % 8-12 eğimli, 40-60 cm derinlikte, % 10-20 çakıllı (MCE₁), 506.3 dekarı % 15- 20 eğimli, 20-40 cm derinlikte, % 20-40 çakıllılık ve 1. sınıf taşlılık olan (MDe_{3ç1}), 1107.2 dekarı % 0-1 eğimli, 85-100 cm derinlikte (Od₁), 3292.8 dekarı % 4-8 eğimli, 50-80 cm derinlikte, hafif yüzey çakıllılığı olan (OBd₂), 1252.1 dekarı % 8-15 eğimli, 40-70 cm derinlikte (OC), 2243.8 dekarı % 1-6 eğimli, 60-100 cm derinlikte (Pd₂), 3214.6 dekarı % 2-15 eğimli, 35-65 cm derinlikte, yer yer hafif çakıllılık ve 1. sınıf taşlılık olan (Pr₂), 6168.8 dekarı % 2-4 eğimli, 50-85 cm derinlikte, derinlikle artan çakıllılığın mevcut olduğu (Sd₂), 903.1 dekarı % 2-6 eğimli, 40-60 cm derinlikte, % 30-40 yüzey çakıllılığı görülen (Sç₁), 1260.4 dekarı % 3-6 eğimli, 20-70 cm derinlikte, % 20-50 yüzey çakıllılığı ve 1.sınıf taşlılık görülen (Stiç₁), 4041.7 dekarı % 1-6 eğimli, 50-95 cm derinlikte, yüzey ve iç drenaj

problemleri olmayan (Td₂), 2441.7 dekarı % 5-20 eğimli, 20-50 cm derinlikte, oldukça çakıllı ve 2.sınıf taşlılık olan topraklardır (Td_{3t2}).

Sırt araziler: Büyük bölümü Alaca köyünün kuzeydoğusundan başlayıp Çiğdemli köyüne kadar uzanan bir sırt üzerinde yer alan ve kalan kısmı Aşkale-İspir yol ayrımına doğru uzanan toplam alanı 3860.4 dekar olan arazilerdir. Bu arazilerin, 2825 dekarı % 2-7 eğimli, hafif dalgalı bir sırt pozisyonunda, 60-120 cm derinlikte (ÇB), 1035.4 dekarı % 5-12 eğimli, 60-90 cm derinlikte olan topraklardır (ÇC).

Teras araziler: Daphan ovasının batısında Aşkale-İspir yol ayrımı arasında kalan ve toplam alanı 4118.7 dekar olan arazilerdir. Bu arazilerin, 1195.8 dekarı % 0.5-2 eğimli, 90-160 cm derinlikte, aşırı sulamada ıslaklık probleminin görülebileceği (Yd₁), 1245.8 dekarı % 0.5-2 eğimli, 60-100 cm derinlikte (Yd₂), 1677.1 dekarı % 15-30 eğimli, 10-25 cm toprak derinliğine sahip, % 40-60 yüzey çakıllılığı ve 1.sınıf taşlılık olan topraklardır (YDe_{3ç2}).

Çeşitli arazi tipleri : Daphan ovasının Karasu vadisine geçiş bölgelerindeki % 30-50 eğimli yamaçlar ve ovayı kuzey-güney doğrultusunda yaran kuru dere yamaçlarında yer alan 17731.3 dekarlık (izdüşüm alanı) alandır. Yer yer çakıllılık ve taşlılık (1. ve 2. sınıf) vardır ve halen aktif erezyona konu olmaktadır (AT.E).

Sarp eğimli yamaçlar ve teras diklikleri dışında ovada bir de ıslak arazi bulunmaktadır. Akarçayırılar deresinin iki yanındaki dik yamaçların eteklerinden oluşan tabaka sızmaları ile yılın tamamında büyük bölümü ıslak kalan, doğuya doğru eğimli bu çukurluk alan 1106.3 dekardır. Ova topraklarından oldukça farklı bir görünüm arz etmektedir (AT.w).

Genel olarak Daphan ovası toprakları, yüzeyde % 1-3.55 organik madde içeren, oldukça koyu renkli, tamamı kireçli bir ana materyalden türemiş, yüzey horizonları az-orta kireçli, alt horizonları çok kireçli, çok fazla kireçli ve marn sınıflarına girmekte, tekstür yönünden ince, orta derecede ince ve orta tekstürlü, hacim ağırlıkları 0.95-1.28 g/cm³, özgül ağırlıkları 2.63-2.77 g/cm³, poroziteleri % 53.9-64.6, tarla kapasiteleri % 16.6-55.6 arasında olan, pH derecesi üst horizonlarda 7.35-8.43 ve en alt horizonlarda 8.32-8.71 değerleri arasında değişen, genel olarak yüksek katyon değişim kapasitesine sahip, herhangi bir alkalilik ve tuzluluk sorunu bulunmayan topraklardır (Akgül, 1992). Yine toprakların strüktür ve havalandırma durumu iyi ve topraklar geçirgenlik bakımından da çok iyidir (Anon., 1979a). Ayrıca genel olarak ova topraklarında, temmuz ayının ortalarından sonra oldukça belirginleşen çok sayıda yarık ve çatlakların oluştuğu da dikkati çekmektedir. Akgül (1992), yüksek kil içeriğine

sahip ova topraklarında kil tipinin montmorillonit olduğunu belirtmiştir. Bu tip killer ıslanma ile fazla şişme ve büzülme gösterdiğinden, yarık ve çatlakların bu nedenle oluştuğu söylenebilir (Ergene, 1993).

3. 1. 5. Su Kaynakları ve Sulama Durumu

Erzurum ovasında yılda emniyetle çekilebilecek yeraltı suyu rezervi 64×10^6 m³ tür (Anon., 1979a). Özdengiz (1974) tarafından belirtildiği üzere, yeraltı suyu kullanımında etüd edilmesi gerekenler; yeraltı suyunun bulunduğu derinlik, emniyetle çekilebilecek su miktarı ve rantabilitedir. Erzurum ovası içerisinde yer alan Daphan ovası, Erzurum ovasında yer alan öteki arazilere göre daha yüksek olduğundan yukarıda verilen hususlara bağlı olabileceği düşünülerek yeraltı suyundan yararlanma yoluna gidilmediği görülmektedir. Yani yer altı suyu kullanımına uygun sahalar bulunmamaktadır (Anon., 1979b).

Daphan ovasının yüzeysel su kaynakları incelendiğinde, ovada bir çok dere yatağının bulunduğu görülmektedir. Ancak bu dereler sulamaya ihtiyaç duyulan yaz döneminde tamamen kuru durumdadır.

Ovada, yer altı suyunun kullanımına uygun sahalar bulunmaması, sulamada kullanılacak miktarda suyun temin edileceği yer üstü su kaynağında mevcut olmayışı nedeniyle, şu ana kadar yağış sularına bağlı kalınarak kuru tarım faaliyetleri yürütülmüştür.

Daphan ovasının sulanmasında kullanılacak asıl su kaynağı Serçeme deresidir. Serçeme deresi sahanın kuzeybatısında Gavur dağından doğar, Başkent Cep ovasını geçtikten sonra dar bir vadi içerisinde güneybatıya doğru akarak, Daphan ovasının batısında Demirgeçit civarında Karasu' ya katılır. Bu dere üzerinde kurulan Seksenveren regülatörü ile alınacak suyun Daphan ovasının da içinde bulunduğu alanlara iletilmesi planlanmıştır (Anon., 1979a; 1993e).

3. 1. 6. Sosyal ve Tarımsal Yapı

Yöre çiftçilerinin elde edilen gözlemlere dayanılarak, uygulama olanağı bulabildikleri yerlerde modern teknolojileri kullanmaya hevesli oldukları görülmüştür. Genel olarak ekonomileri hayvancılığa dayalı olarak oluşturulmuştur. Zaten Erzurum için en önemli ekonomik faaliyet kolu hayvancılıktır. İklim, topoğrafik yapı ve arazi varlığı özellikleri gibi nedenlerle hayvancılık yapılmaya uygun illerden birisidir. Canlı hayvan varlığı açısından Erzurum en büyük potansiyele sahip iller arasındadır. Türkiye' de toplam hayvan sayısının yaklaşık % 2' sini içermektedir (Anon., 1993f). Bunun dışında yöre çiftçisi ovada kuru koşullarda yürüttükleri tarımsal faaliyetlerinde, en çok buğday,

arpa, çavdar ve mercimek yetiştiriciliği yapmakta ve her yıl yaklaşık % 40' lık bir alanıda nadasa bırakmaktadırlar.

Ovada arazisi bulunan köylerin nüfus, hayvan sayısı ile bazı tarımsal makine ve ekipman durumlarını belirlemek amacıyla da köy muhtarlarına yönelik olarak bir anket çalışması yapılmıştır. 1993 yılı itibariyle, yapılan değerlendirmeye göre genel toplam olarak; nüfus 7180, büyükbaş hayvan 6900, küçükbaş hayvan 17700, traktör 124, biçerdöver 1, mibzer 32, biçer ve biçerbağlar 76, balya makinesi 4, gübre dağıtıcısı 12 vd. dir.

3. 1. 7. Arazi Çalışmalarında Kullanılan Haritalar

Daphan ovası ile ilgili arazi çalışmalarında Köy Hizmetlerinden sağlanan topoğrafik harita, DSİ' ce (Anon., 1979b; 1993e) yapılmış olan, bünye dağılım ve planlama arazi tasnif haritaları ile sulama genel vaziyet planı ve Akgül (1992; 1994) tarafından yapılmış olan temel toprak ve arazi kullanım kabiliyet sınıflama haritaları kullanılmıştır. Şekil 3.3' de temel toprak haritası ve harita üzerinde açılan profillerin yerleri gösterilmiştir.

3. 2. Yöntemler

3. 2. 1. Arazi Çalışmaları

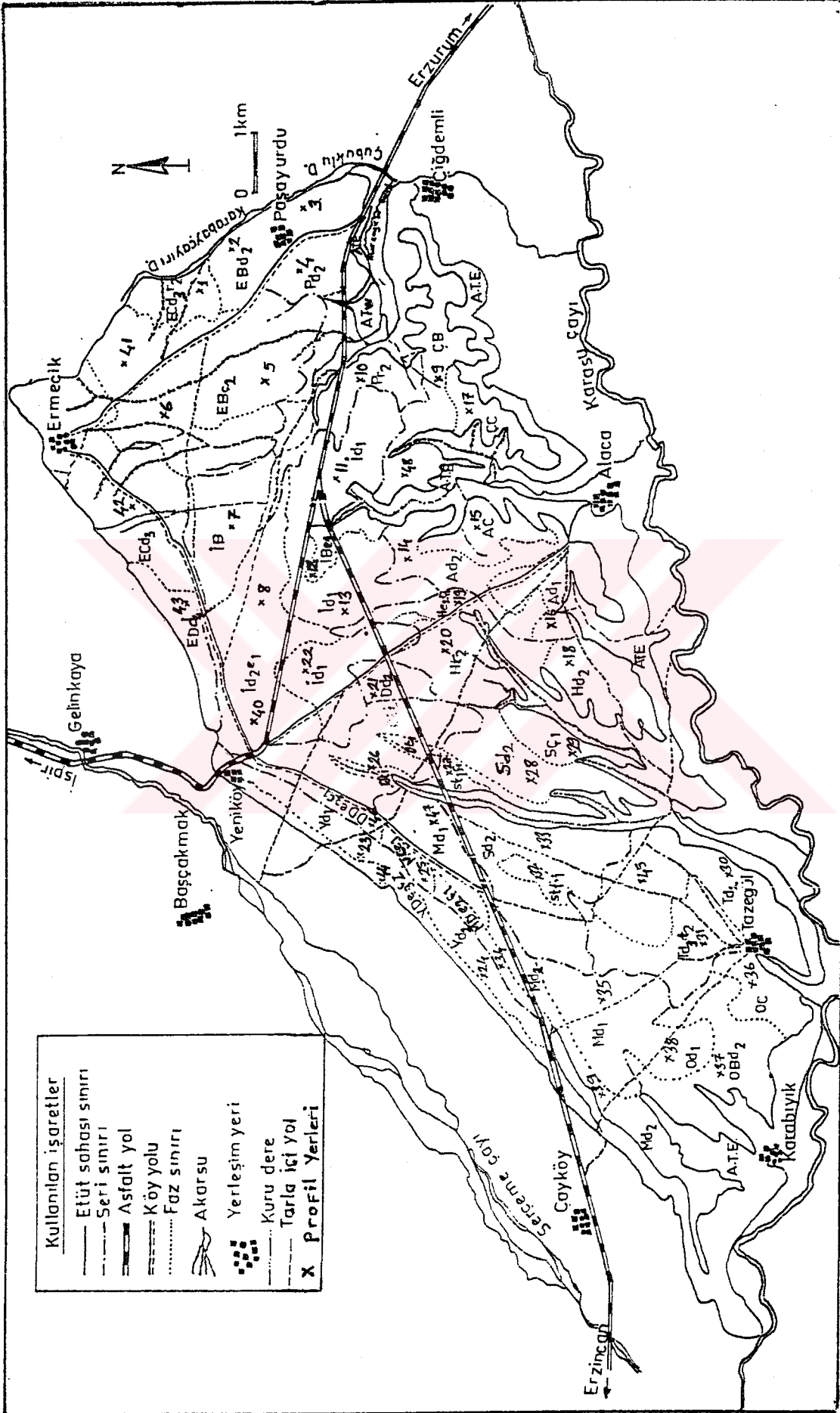
3. 2. 1. 1. Profillerin Yerlerinin seçimi

Araştırma sahasında, yukarıda belirtilen haritalardan çıkarılan bilgiler ile bizzat arazide gezilerek elde edilen bilgiler kullanılarak toprakları temsil edebilecek uygun yerlerde 48 adet profil açılması kararlaştırılmıştır. Profillerin yerlerini belirtmede rakamlar kullanılmıştır (Şekil 3.3).

3. 2. 1. 2. Arazide Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizlere Hazırlanması

Ovada belirlenen yerlerde yetiştirilecek bitkilerin kök derinlikleri göz önüne alınarak, 90 cm derinlikte profiller açılmıştır. 90 cm' ye kadar açılan profillerin her 30 cm' lik katından 3 adet bozulmamış toprak örneği alınmıştır (Yıldırım, 1993).

Hacim ağırlığı ve tarla kapasitesinin belirlenmesi amacıyla bozulmamış toprak örnekleri alımında 5 cm çapında ve 100 cm³ hacminde paslanmaz çelikten yapılmış örnek alma silindirleri kullanılmıştır (Demiralay, 1993). Silindirin bir ucu toprağa girebilmesi için keskin olup, diğer ucu ise çakıcı takılacak şekildedir. Çakıcının içi boş olup çakma sırasında içinde kalacak havanın, silindir içerisindeki örneği sıkıştırarak doğal durumunu bozmasını önlemek için arka kısmına delik açılmıştır. Usulüne uygun olarak alınan örneklerin alt ve üst kısmına plastik kapaklar kapatıldıktan sonra, örnekler özel taşıma çantalarıyla



Şekil 3.3. Temel toprak haritası ve profil yerleri

LEJANT

SERİLER	FAZLAR	ARAZİ TIPLERİ
Kolüflüviyal Üst etek Araziler	Eğim	AT.E Sarp eğimli dere yamaçları
E Ermecek serisi	A düz (% 0-2)	ve teras diklikleri
Etek Düzlekleri	B hafif eğimli (% 2-6)	AT.w Islak arazi
A Alaca serisi	C orta eğimli (% 6-12)	
I İspir yolu serisi	D dik eğimli (% 12-20)	
Dalgalı Alt Etek Araziler	Derinlik (d)	
D Daphan serisi	d1 derin (90 cm +)	
H Hancıvarı serisi	d2 orta derin (60-90 cm)	
M Makastarla serisi	d3 sığ (30-60 cm)	
O Ortadüzün serisi	d4 çok sığ (0-30 cm)	
P Paşayurdu serisi		
S Sulağındüzler serisi		
T Tazagül serisi	Erezyon (e)	
Sırt Araziler	e1 üst toprağın % 25' i taşınmış	
Ç Çiğdemli serisi	e2 üst toprağın tamamı taşınmış	
Teras Araziler	e3 üst toprağın tamamı ve alt toprağın yarısı taşınmış	
Y Yeniköy serisi		
	Taşlılık (t)	
	t1 az taşlı (% 0.01-0.1)	
	t2 taşlı (% 0.1-3)	
	Çakıllılık (ç)	
	ç1 çakıllı (% 15-50)	
	ç2 çok çakıllı (% 50-90)	
	Rölyef (r)	
	r1 hafif dalgalı	
	r2 ondüleli	

laboratuvara getirilmişlerdir (Şekil 3.4). Örnekler ilgili analizler yapılmıyaya kadar 2 °C sabit sıcaklıkta korunmuştur (Demiralay, 1993).



Şekil 3. 4. Bozulmamış toprak örneklerinin alınması ve taşıma kabı

Bozulmuş toprak örnekleri açılan profillerin her üç katından bir toprak küreği ile yeteri kadar alınarak plastik torbalar içerisinde laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvarda her profil ve derinliğin toprağı ayrı ayrı sergiler üzerinde kurutularak, 2 mm' lik elekten elendikten sonra analizlere hazır duruma getirilmiştir.

3. 2. 1. 3. Sulama Suyu Örneklerinin Alınması

Sulama suyu olarak kullanılacak olan Serçeme deresi suyunun analizi amacıyla, sulama mevsiminde Seksenveren regülatörünün gerisinden, akar suyun orta kısmından birer litrelik şişelerle örnekler alınarak, bekletilmeden laboratuvara getirilmiştir (Kanber vd., 1992).

3. 2. 1. 4. İnfiltrasyon Ölçümleri

İnfiltrasyon ölçümleri 2 mm lik sactan yapılmış, çapları 30 ve 50 cm, yükseklikleri 30 cm olan sabit seviyeli çift silindirli infiltrometrelerle yapılmıştır (Şekil 3.5). Silindirler toprağı 10-15 cm girecek şekilde çakılmıştır (Delibaş, 1989). Daha sonra silindirler su sağlayacak su depoları ile silindirlerin bağlantıları yapılmış ve içteki silindire takılan bir şamandıra yardımıyla Yaşar ve Anaç (1988)

tarafından belirtilen , silindir içerisinde 2.5-5 cm' lik derinlikte su oluşturulması durumuna göre, su düzeyinin 5 cm civarında sabit bir yükseklikte kalması sağlanmıştır.



Şekil 3. 5. Arazide yapılan infiltrasyon ölçümünden bir görünüm

Ölçümlere infiltrasyon hızı sabitleşinceye kadar devam edilerek zaman aralıklarına bağlı olarak toprağa giren su yükseklikleri iç silindirin bağlı olduğu su deposu üzerindeki cetvelden okunarak kaydedilmiştir. İnfiltrasyon ölçümleri Güray (Apan, 1976a) ve Omay vd., (1984) tarafından belirtildiği üzere her profil sahası için 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

3. 2. 2. Laboratuvar Çalışmaları

3. 2. 2. 1. Bünye Analizleri

Bünye analizleri Bouyoucos Hidrometre yöntemi ile yapılmıştır (Demiralay, 1993). Örneklerde Akgül' e (1992) göre, organik madde ve kireç giderilmemiştir. Belirlenen kum, kil ve silt yüzdeleri göz önüne alınarak bünyenin tanımlanmasında da ABD Tarım Bakanlığınca hazırlanmış tekstür üçgeni kullanılmıştır (Gemalmaz, 1993).

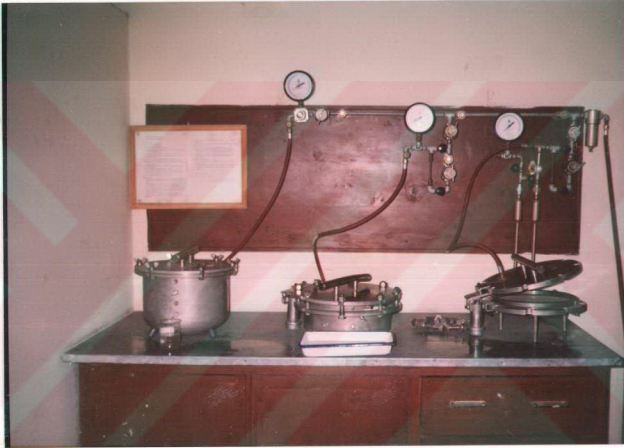
3. 2. 2. 2. Tarla Kapasitesi ve Solma Noktası İle Faydalı Nem Tayini

Başlangıçta doymun duruma getirilen bozulmamış toprak örneklerinde 1/3 atm basınç uygulamasıyla tarla kapasitesi, bozulmuş toprak örneklerinde 15 atm

basınç uygulamasıyla solma noktası tayini Richards ile Aran' a (Hanay, 1990) göre yapılmıştır (Şekil 3.6).

Tarla kapasitesi için fazla taşlılık ve çakıllılıktan dolayı bozulmamış örnek alma olanağı olmayan bazı profil katlarında ise fazla sayıda olmayan örneklerde tarla kapasitesi tayini nem eşdeğeri yoluyla yapılmıştır (Demiralay, 1993).

Faydalı nem kapasitesi ise, toprakların tarla kapasitesi değerlerinden solma noktası değerlerinin çıkarılmasıyla bulunmuştur.



Şekil 3. 6. Tarla kapasitesi ve solma noktası tayininde kullanılan basınç tablası

3. 2. 2. 3. Toprak Reaksiyonu ve Elektriki İletkenlik Ölçümleri

Toprakların pH ölçümleri Jackson' a (Hanay, 1990) göre, 1:5 toprak:su süzüklerinde, cam elektrodlu portatif pH-metre ile yapılmıştır. Şekil 3.7' de 1:5 süzük örneklerinde pH ölçümü görülmektedir.

Elektriki iletkenlik, WTW tipi elektronik kondüktometre ile 1:5 toprak:su oranı süzüklerinde , $EC \times 10^6$ ($\mu\text{mhos/cm}$ 25°C) olarak Einheitsverfahren ile Richards' a (Hanay, 1990) göre ölçülmüştür. Şekil 3.8' de WTW tipi elektronik kondüktometre ile 1:5 toprak:su oranı süzüklerinde elektriki iletkenlik ölçümü görülmektedir.



Şekil 3. 7. Portatif pH-metre ile 1:5 süzüklerde pH ölçümü yapılması



Şekil 3. 8. WTW Elektronik Kondüktometre ile elektriki iletkenlik ölçümü

3. 2. 2. 4. Birim Hacim Ağırlığı Analizleri

Toprakların birim hacim ağırlıkları Black' a (Hanay, 1990) göre, hacmi 100 cm³ olan paslanmaz çelik silindirlerle alınan bozulmamış örneklerin etüvde 105 °C de kurutulup, kuru ağırlıklarının, silindir hacmine bölünmeleriyle elde edilmiştir. Bozulmamış örnek alma imkanı olmayan yerlerde ise hacim ağırlıkları çukur açma yöntemiyle lastik balon kullanılarak belirlenmiştir (Demiralay, 1993).

3. 2. 3. Büro Çalışmaları

3. 2. 3. 1. İnfiltrasyon Eşitliklerinin Çıkarılması

Toplam infiltre olan su derinliği ve infiltrasyon hızlarının bulunmasında, Kostiaikov tarafından verilmiş olan Eşitlik 2.3 kullanılmıştır. Toplam infiltrasyon için kullanılan 2.3 nolu eşitliğin parametreleri en küçük kareler metodu uygulanarak belirlenmiştir (Omay vd., 1984; Delibaş, 1984). Bu amaçla öncelikle 2.3 nolu eşitliğe logaritmik transformasyon uygulanarak $\log D = \log k + a \log t$ şekline dönüştürülmüş ve infiltrometre denemelerinden elde edilen D ve t değerleri kullanılarak regresyon denklemleri çıkarılmıştır. Bu denklemlerden de k ve a parametreleri saptanmıştır.

Her profil sahası için elde edilen 4 ayrı toplam infiltrasyon denklemi, a parametrelerinin aritmetik ortalaması, k parametrelerinde log-normal dağılım gösterdiğinden geometrik ortalaması alınarak birleştirilmiş ve her profil sahası için tek bir toplam infiltrasyon denklemi elde edilmiştir (Ostle, 1964).

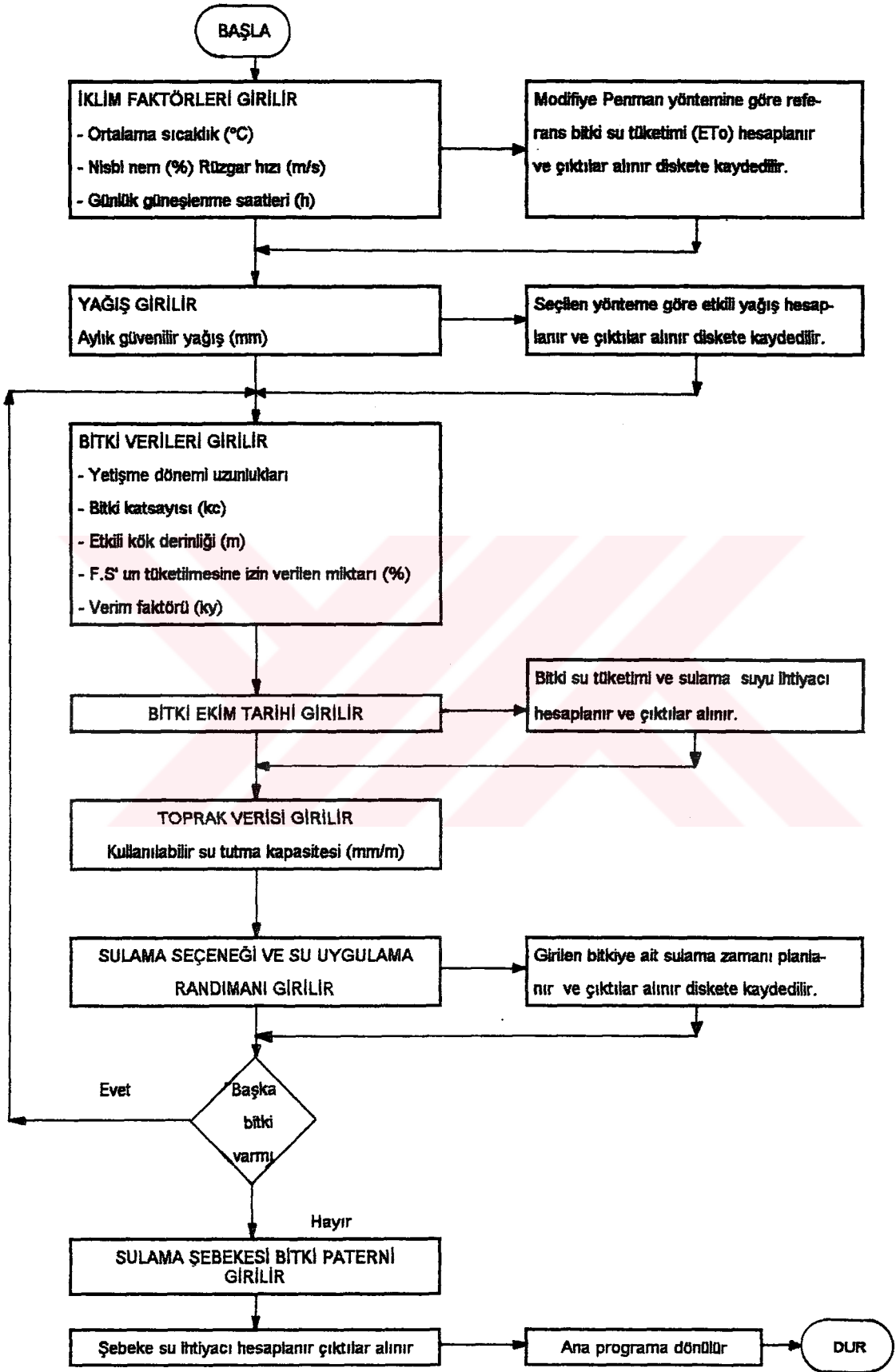
Toplam infiltrasyon denklemlerinin zamana göre türevi alınarak $I = k a t^{a-1}$ formunda infiltrasyon hızı denklemleri elde edilmiştir. Bu denklemde t' nin yerine infiltrasyon hızlarının sabitleştiği süreler (min) konularak, her profil sahasındaki sabit infiltrasyon hızları belirlenmiştir (Hanay, 1990).

3. 2. 3. 2. Bitki Su Tüketimleri İle Sulama Zamanı ve Saha Sulama Suyu İhtiyaçlarının Belirlenmesi

Tekinel ve Benli (1981) tarafından, bitki desenlerinin seçiminde proje alanının toprak ve su kaynakları, çevre ekolojisine uygun bitki türleri, bu bitkilerin sulama suyu ihtiyaçları, işgücü, sermaye, arazi varlığı, birim alandan sağlanacak üretim değerleri, pazarlama olanakları gibi değişkenlerin çok dikkatli bir şekilde incelenmesi gerektiği belirtilmiştir. Buradan hareketle, Daphan ovası iklim ve toprak koşulları, yöre çiftçilerinin alışkanlık ve istekleri, DSI (Anon., 1993e) planlamasında yer alan, projenin tamamlanması ile Erzurum ovası büyükbaş hayvan sayısının % 250 oranında artacağı şeklinde verilen bilgilerde göz önüne alınarak hayvancılığı geliştirmeye, işgücünü tüm yıla yaymaya ve erezyonu önlemeye yönelik olarak yem bitkileri ağırlıklı bitki deseni belirlenmiştir. Sahada gelecekte % 25 hububat (% 10 buğday, % 10 arpa, % 5 yulaf), % 45 yem bitkileri (% 30 yonca, % 10 fiğ, % 5 çayır üçgülü) ve % 30 da çapa bitkileri (% 10 şeker pancarı, % 9 ayçiçeği, % 8 patates, % 2 lahana, % 1 bostan) yetiştiriciliği planlanmıştır.

Bitki su tüketimlerinin belirlenmesinde çok yıllık bitkilerin normal gelişme yılları göz önüne alınmıştır. Bitki deseninde yer alan bitkilerden yonca ve çayır üçgülü sulama ile yüksek verim alınan bitkilerdir (Serin vd., 1991). Sulamalı koşullarda yonca tarlayı uzun süre işgal ettiğinden, kısa süreli münavebelere en uygun yem bitkisi çayır üçgölüdür. Çayır üçgülü yüksek kalitede fazla miktarda ot verir. Yeşil olarak hayvanlar tarafından yenilir. Ham proteince yoncaya denk, Ca bakımından da daha zengindir (Çomaklı, 1991). Fiğ tek yıllık olması, hayvan yemi olması, kendisinden sonra gelen ürünün verimini artırması ve toprakları koruması yönünden önemli bir yem bitkisidir. Yeşil, kuru ot ve tane yem bitkisi olarak yetiştirilebilmektedir. Besleme değeri yüksek ot meydana getirmektedir. Hazmolabilir protein oranı % 24' tür. Fide devresinde yattığı için tahıllarla karışık ekilmesi tercih edilen fiğ, arpa+fiğ ve fiğ+yulaf karışımlarıyla yüksek ot verimi sağlamaktadır (Serin, 1991). Yulaf samanı, tahıl samanları içerisinde besleme değeri en yüksek olan samandır, yeşil yem olarak da kullanılabilir. Sulu tarımda yetiştirilen bir bitkidir. Yulafta yağ ve protein oranı yüksek, protein kalitesi arpa ve diğer yemlik tahılların kalitesinde ve hayvanlar tarafından da sevilerek yenmektedir (Sencar, 1984). Kışları oldukça sert geçen Erzurum yöresinde kışlık arpa yetiştiriciliğinde başarı sağlanamadığından önemli hayvancılık potansiyeline sahip yörede arpa sulanabilir arazilerde yazlık olarak ekilmektedir (Akkaya ve Birinci, 1992). Yörede buğday yetiştiriciliğinde ise güzlük ekim yapılmaktadır. Çavdar kurak ortamlara uyması, toprak suyu koşullarında havasızlıktan zarar görmesi, fazla dane dökmesi dolayısıyla sulamalı tarımda bitki desenine sokulmamıştır (Kün, 1988). Korunga kıraç ortamlarda yetişebilen, yaş, asit karakterli topraklarda gelişemeyen bir yem bitkisidir (Serin, 1991). Sulamalı koşullarda korunganın ot verimi yonca ve üçgüllerden düşük olduğu için bitki desenine sokulmamıştır (Tosun, 1974). Erzurumda bir şeker fabrikasının bulunması çiftçiyi şeker pancarı yetiştiriciliği konusunda teşvik edeceğinden çapa bitkileri içerisinde en fazla bu bitkiye yer verilmiştir. Kalan diğer bitkilerin ekim yüzdeleri ise, bölge çiftçilerinin yetiştirme alışkanlıklarına bağlı olarak belirlenmiştir.

Bitki su tüketimi, sulama zamanı planlaması ve şebeke su gereksinimlerinin belirlenmesi, FAO tarafından geliştirilen CROPWAT (Version 5.5) bilgisayar programı yardımıyla normal, kurak ve yağışlı yıllar için hesaplanmıştır (Kodal vd., 1992). Bu programa ilişkin akış şeması Şekil 3.9' da verilmiştir (Beyribey ve Selenay, 1992).



Şekil 3. 9. Cropwat programında izlenen aşamalar

Raes, et all., (1988) ve Smith (1992) tarafından belirtilmiş yöntemle uzun yıllık yağış verilerinden yararlanılarak hesaplanan güvenilir yağış değerleri Tablo 3.2' de verilmiştir.

Tablo 3. 2. Aylık Güvenilir Yağış Değerleri

Aylar	Kurak yıl mm	Normal yıl mm	Yağışlı yıl mm
Ocak	9.0	25.5	41.5
Şubat	13.9	28.4	43.2
Mart	20.2	34.8	49.9
Nisan	28.4	51.3	75.0
Mayıs	42.4	72.3	105.7
Haziran	30.5	51.3	73.4
Temmuz	10.0	28.4	48.0
Ağustos	2.5	18.1	35.2
Eylül	5.6	24.2	42.8
Ekim	19.0	47.3	76.1
Kasım	17.2	37.1	57.8
Aralık	9.2	22.7	37.0
Yıllık	207.9	441.4	685.6

Programda yörenin çok yıllık meteorolojik değerleri kullanılarak bitki su tüketimleri Modifiye Penman yöntemiyle belirlenmiştir (Anon., 1989). Programda bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılan Modifiye Penman yöntemi aşağıdadır (Doorenbos ve Kassam, 1979).

$$ET_o = c [w R_n + (1 - w) f(u) (e_a - e_d)] \quad (3. 1)$$

Eşitlikte;

ET_o: Referans bitki su tüketimi (mm/gün),

c : Düzeltme faktörü,

w : Ağırlık faktörü,

R_n : Net radyasyon (mm/gün),

f(u) : Rüzgar fonksiyonu,

e_a : Ortalama hava sıcaklığında doymuş buhar basıncı (mb) ve

e_d : Ortalama hava sıcaklığında gerçek buhar basıncıdır (mb).

Modifiye Penman yönteminde kullanılan aylık ortalama iklim verileri, hesaplanan radyasyon ve referans evapotranspirasyon değerleri Tablo 3.3' de verilmiştir.

Tablo 3.3. Modifiye Penman Yönteminde Kullanılan İklim Verileri ile Hesaplanan Radyasyon ve Referans Evapotranspirasyon Değerleri

Aylar	Sıcaklık °C	Nisbi nem %	Rüzgar hızı km/gün	Güneşlenme saat	Radyasyon mm/gün	ET _o mm/gün
Ocak	-8.7	76	164	3.1	0.9	0.65
Şubat	-7.2	75	190	4.2	1.6	0.99
Mart	-2.6	74	216	5.1	2.7	1.75
Nisan	5.2	65	268	6.3	3.8	3.45
Mayıs	10.7	61	259	8.1	4.9	4.86
Haziran	14.4	56	242	10.3	5.7	6.02
Temmuz	19.3	50	259	11.4	5.8	7.24
Ağustos	19.5	47	259	11.1	5.1	6.90
Eylül	14.9	50	233	9.3	3.6	4.95
Ekim	8.3	61	225	7.1	2.1	2.81
Kasım	1.4	72	190	4.5	1.1	1.28
Aralık	-5.0	76	173	3.1	0.7	0.73
Yıllık	5.9	64	223	7.0	3.2	1272

Gerçek bitki su tüketimi (ET_a), bitki katsayısı (k_c) ile referans bitki su tüketiminin çarpılması ile elde edilmektedir. Gelişme dönemlerine bağlı olarak bitki katsayıları Doorenbos ve Kassam (1979) ve Smith (1992) tarafından, tablolar halinde verilmiştir.

Sulama zamanının planlanmasında toprak nem dengesi eşitliği kullanılmıştır (İstanbuluoğlu ve Sevim, 1992).

$$SMD_i = SMD_{i-1} - ET_a + P_{eff} + d_{irr} \quad (3.2)$$

Eşitlikte ;

SMD_i : i günde toprak nemi (mm),

ET_a : Gerçek bitki su tüketimi (mm),

p_{eff} : Etkili yağış (mm) ve

d_{ir} : Net sulama suyu miktarıdır (mm).

Erzurum ilinin uzun yıllık yağış verilerine bakılarak kurak yıl dışında, yıl içerisinde bahar döneminde toprakta yeteri kadar nemin olduğu kabul edilerek, toprak başlangıç nem içeriği % 90, kurak yıl için % 50 ve güz döneminde de normal, kurak ve yağışlı yılların her üçü içinde toprak başlangıç nem içeriği % 50 olarak alınmıştır. Toprağın faydalı su tutma gücü olarak tüm profillerin ortalaması olan 160 mm/m değeri kullanılmıştır.

Saha sulama suyu ihtiyacı ise aylık bitki su tüketimlerine bağlı olarak belirlenen sulama modülünden yararlanılarak, bitki deseninin bir hektarı için m^3 olarak hesaplanmıştır.

Programda belirtilen aşamalar izlenirken etkili yağış USBR yöntemiyle hesaplanmıştır (Beyribey ve Selenay, 1992; Kodal vd., 1992). Sulama zamanı planlamasında optimum sulama koşulu seçilmiş ve her sulamada eksik toprak nem düzeyi tarla kapasitesine yükseltilmiştir. Faydalı suyun düşmesine izin verilen kısmı, bitkilerde yöresel deneme sonuçları olanlarda önerilen değerler, deneme sonuçları olmayanlarda ise Güngör ve Yıldırım (1989), Perrier ve Salkini (1991) tarafından belirtilen % 50 değeri kullanılmıştır. Bitkilerin gelişme dönemlerine bağlı olarak kök derinliklerini belirlemek içinde yöresel çalışmalarda değerler ile Güngör ve Yıldırım (1989) tarafından verilen değerler göz önüne alınmıştır. Ayrıca minimum ıslatma derinliği olarak Özdengiz (1992) tarafından belirtilen 30-40 cm lik derinlik önerisi de göz önünde tutulmuştur. Ovada yetiştirilecek bitkilerin kök derinlikleri, büyüme devresi uzunlukları ve topraktaki faydalı suyun kullanılma yüzdeleri Tablo 3.4' de verilmiştir.

Tablo 3.4. Bitki büyüme devresi uzunlukları, kök derinlikleri ve faydalı suyun kullanılma yüzdeleri

	Büyüme Devresi	B İ T K İ L E R										
		Buğ-	Arp.	Yul.	Yon.	Üçg.	Fiğ	Pat.	Ş.pa.	Ayç.	Lah.	Bos.
Büyüme Devresi Uzunluğu Gün	Başlangıç	30	25	25	30	30	25	30	55	50	25	25
	Gelişme	200	30	30	75	75	30	35	35	30	45	35
	Orta	40	25	30	105	105	25	45	35	30	50	35
	Son	50	20	25	150	150	10	45	35	30	40	20
Kök Derinliği cm	Başlangıç	60	60	60	90	40	40	40	60	60	40	40
	Orta ve Son	90	90	90	90	40	40	60	90	90	40	60
Kullanım yüzdesi	Tüm sezon	50	50	50	50	50	50	50	50	80	20	50

Hesaplamalarda su uygulama randımanı (tava ve karık sulama için) % 60, su iletim randımanı ise, DSI' ce (Anon., 1993e) belirtilen, suyun tarla başına kadar beton kanallarla iletileceği durumuna göre % 85 olarak alınmıştır (Çevik ve Tekinel, 1990; Beyribey ve Selenay, 1992; Istanbulluoğlu ve Sevim, 1992).

3. 2. 3. 3. Porozitenin Hesaplanması

Toprakların özgül ağırlıkları (d_w) ve birim hacim ağırlıkları (d_v) parametrelerinden yararlanılarak % olarak porozite (p) değerleri Bawer'e (Hanay, 1990) göre, Eşitlik 3.3' le hesaplanmıştır.

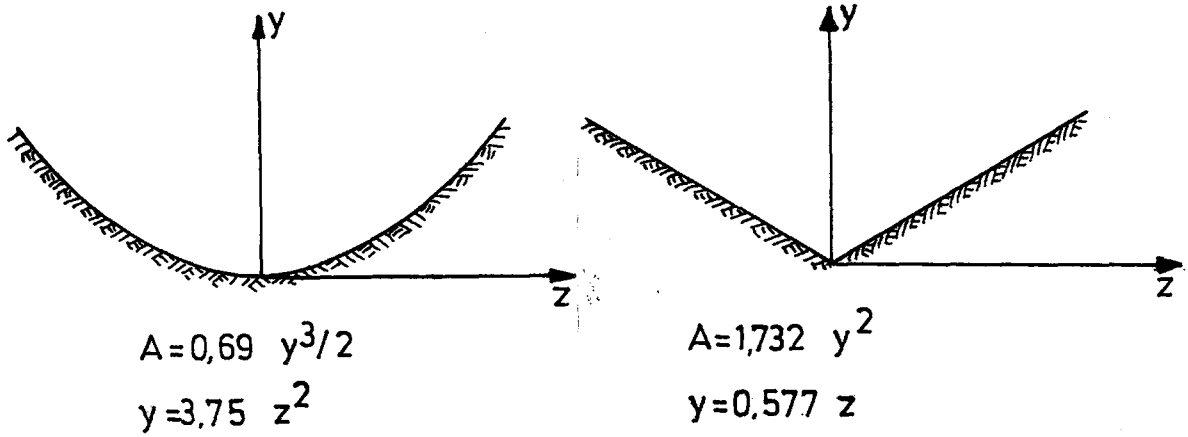
$$p = (1 - (d_v/d_w)) 100 \quad (3.3)$$

Toprakların özgül ağırlıkları mineral topraklarda 2.65-2.75 g/cm³ arasında değişmektedir (Güngör ve Yıldırım, 1989). Daphan ovası toprakları için de bu değerlerin 2.63-2.77 g/cm³ arasında değiştiği Akgül (1992) tarafından belirlenmiştir. Ova topraklarında her toprak serisi için saptanan bu değerlerin kullanımı yoluna gidildiğinden çalışmada özgül ağırlıklar belirlenmemiştir.

3. 2. 3. 4. Karık ve Tava Boyutlarının Belirlenmesi

Bitki paterni içerisindeki bitkilerin kök derinlikleri göz önüne alınarak, 40cm, 60cm ve 90 cm lik kök derinlikleri için tarla kapasitesi ve solma noktası farkından hesaplanan faydalı suyun % 50 si tüketildiğinde sulamaya başlanacağı göz önüne alınarak uygulanacak net sulama suyu miktarları belirlenmiştir. Bu suyun toprağa infiltre olması için gerekli sürenin belirlenmesi için de Eşitlik 2.3' de verilen Kostiakov toplam infiltrasyon denklemi kullanılmıştır (Christiansen, et al., 1966; Ertuğrul ve Apan, 1979; Clemmens ve Dedrick, 1981; Delibaş, 1989). Yüzey sulama yöntemlerinden eğimli arazilerde sulama suyunun kontrol edilme olanağının bulunduğu karık ve uzun tava sulama yöntemleri tercih edilmiştir.

Çevik vd., (1990), karık en kesitlerinin V ve oval olduğunu, Delibaş' ta (1989), genel olarak karık kesitlerinin parabolik olduğunu, yine James' te (1988), çoğu karıkların V şeklinde ve 10-20 cm derinlikte olduğunu belirtmiştir. Buradan hareketle karık kesitlerinin V ve parabolik olduğu durumlar için hesaplamalar yapılması yoluna gidilmiştir. V kesitli karıkta karık kenarları arasındaki açının Apan' a (1976a) göre, 120 ° olduğu kabul edilerek çözüm yapılmıştır. Bu kesiti $y = 3.75 z^2$ denklemleri bir parabolik kesitede dönüştürmek mümkündür (Şekil 3.10). Bu şekilde parabolik kesitle çözüme gidildiğinde bulunan uzunluklar yaklaşık % 2 farklılık seviyesinde 120 ° lik V karıkta bulunan uzunluklara eşittir.



Şekil 3.10. Parabol ve V karık kesitleri

Karıklarda su ilerleme uzaklığını hesaplamak için Eşitlik 2.6 kullanılmıştır. Karıklara verilecek Q debisinin belirlenmesinde erezyon yapmayacak maksimum Q debileri seçilmiştir. Maier (1981), karıklara verilecek maksimum debi değerinin 6 l/s olması gerektiğini belirtmiştir. Ovada çok sayıda deneme yerinin bulunması, denemelerde kullanılabilir bir su kaynağının bulunmaması gibi nedenlerle verilecek maksimum debi denemelerle tesbit edilemeyeceğinden, açık karıklarda etkili faktörler içerisinde sadece % eğime (S) bağlı olarak Q debisini (l/s) belirlemeye yarayan Çevik vd., (1990) tarafından verilen aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$Q = 0.64/S \quad (3.4)$$

Eğim değeri olarak kontur karık için % 0.1, eğim doğrultusundaki karıklar için % 3' e kadar değerler alınmıştır (Maier, 1981; Çevik vd., 1990).

Toprakta yeterli bir su dağılımı sağlanması için suyun karık sonuna ulaşma süresi net infiltrasyon süresinin (t) 1/4' ü kadar olmalıdır (Özdengiz, 1991). Buradan hareketle toplam sulama süresi T için aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$T = t + t/4 \quad (3.5)$$

Karık başındaki su derinliğini hesaplamak için manning eşitliği kullanılarak aşağıdaki eşitlik çıkarılmıştır.

$$y = ((Q n) / (990 S^{0.5}))^{0.375} \quad (3.6)$$

Eşitlikte;

y : Karık başındaki su derinliği (m),

Q : Karığa verilen debi (l/s),

n : Manning pürüzlülük katsayısı ve

S : Eğim' dir (m/m).

Yine manning eşitliğinden hareketle debi ile derinlik arasında parabolik kesitli karıklar için de aşağıdaki eşitlik çıkarılmıştır. Denklemden Q ve y' lerin karşılıklı çözümlüyle her eğimdeki Q' lar için gerçek y değerleri bulunmuştur.

$$Q = (0.539 y^{3/2} S^{1/2}) / n ((1.032 / y) + 2.584)^{2/3} \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

Q : Karığa verilen debi (m^3/s),

y : Karık başındaki su derinliği (m),

n : Manning pürüzlülük katsayısı ve

S : Karık eğimidir (m/m).

Heermann, et al., (1969) ve Roth, et al., (Delibaş, 1984), hem tavalarda ve hem de karıklarda çıplak koşullarda yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmişler ve manning pürüzlülük katsayısının 0.02-0.04 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Delibaş' ta (1984) yaptığı çalışma sonucunda manning pürüzlülük katsayısının, buğday tavalalarında ortalama 0.15 ve karıklarda ise ortalama 0.05 olarak alınmasını önermiştir. Birleşik devletler toprak muhafaza teşkilatı pürüzlülük katsayısı için çıplak topraklarda 0.04, tarla bitkilerinde 0.10, yonca ve benzeri bitkilerde 0.15 ve çok sık bitki örtüsünde (çayır) 0.25 değerini önermiştir (Clemmens, 1979; Hart, et al., 1983). Yine pürüzlülük katsayısı ile ilgili olarak James (1988) ve Walker (1989) tarafından da benzer değerler verilmiştir. Bu çalışmada da yukarıdaki bilgilere dayanılarak pürüzlülük katsayısı için, karıklarda 0.04, tavalarda 0.10 ve 0.15 değerleri kullanılmıştır.

Hesaplamalarda karık aralıkları 60, 80, 100, 120 cm olarak alınmıştır (Güngör ve Yıldırım, 1989).

Eşitlik 2.6' da kullanılan ve $x = A t^b$ şeklindeki ilerleme fonksiyonundaki üs olan b parametresi için Fok ve Bishop (1969) tarafından verilen aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır. Delibaş (1984) tarafından da bu eşitliğin deneme verilerine oldukça yakın değerler verdiği belirlenmiştir.

$$b = e^{-0.6 a} \quad (3.8)$$

Christiansen, et al., (1966), Eşitlik 2.6' daki F değerlerinin belirlenmesi için bir abak verdikleri gibi, bu değer yaklaşık olarak aşağıdaki eşitlikle de bulunabileceğini belirtmişlerdir.

$$F = (a - b(a - 1) + 1) / (1 + b) \quad (3.9)$$

Eşitlik 2.6 incelendiğinde, bir toprak için infiltrasyon sabit kaldığı sürece, her hangi bir debi ve karık aralığı değerinde karık uzunluğunun karık kesitine bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Bu konuda Baustista ve Wallender de (1991), ilerleme uzunluğunun ıslak çevre ile geniş ölçüde değiştiğini belirtmişlerdir.

Uzun tava (border) uzunluğunu belirlemek için kullanılacak olan 2.7 nolu eşitlikte debi değeri yerine, Eşitlik 3.10' la belirlenen erezyon yapmayacak maksimum debi ile Eşitlik 3.11' le belirlenen iyi bir su dağılımı sağlayacak minimum debiler konularak çözüme gidilmiştir (Ertuğrul ve Apan, 1979; Hart, et al., 1983; Delibaş, 1989; Okuroğlu ve Yağanoğlu, 1993).

$$q_{\max} = 5.57 S^{-0.75} \quad (3.10)$$

$$q_{\min} = 0.37 S^{0.5} \quad (3.11)$$

Eşitliklerde;

q_{\max} : Birim tava genişliğine uygulanacak maksimum debi (l/s/m),

q_{\min} : Birim tava genişliğine uygulanacak minimum debi (l/s/m) ve

S : Eğim' dir (%).

Değişik eğimlerde Eşitlik 3.10 ve 3.11 ile belirlenen maksimum ve minimum debilere göre ayrı ayrı tava uzunlukları hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda iyi bir randıman elde edebilmek için yem bitkileri ve hububat yetiştiriciliği düşünülerek % 3' e kadar eğim değerleri göz önüne alınmıştır (Maier, 1981; Delibaş, 1989; Bayrak, 1991; Okuroğlu ve Yağanoğlu, 1993).

Su uygulama randımanı % 60 olarak alınmıştır (Anaç vd., 1993).

Eşitlik 2.7' deki geri çekilmenin başladığı ana kadar geçen sürelerin hesaplanması için de aşağıdaki eşitlikler verilmiştir (Fangmeier ve Strelkoff, 1979; Hart, et al., 1983; Kırdı vd., 1983; James, 1988).

$$T_L = (Q^{0.2} n^{1.2}) / (120 S^{1.6}) \quad S > \% 0.4 \text{ için} \quad (3.12)$$

$$T_L = \frac{n^{1.2} Q^{0.2}}{120 [S + ((0.0094 n Q^{0.175}) / (T^{0.88} S^{0.5}))]^{1.6}} \quad S \leq \% 0.4 \text{ için} \quad (3.13)$$

Eşitliklerde;

- T_L : Geri çekilmenin başladığı ana kadar geçen süre (min),
n : Manning pürüzlülük katsayısı,
S : Eğim, (m/m) ve
Q : Birim genişlikteki tavaya uygulanan debidir ($m^3/s/m$).

Tavaların genişliklerini belirlemede ise eğime bağlı olarak verilen değerler kullanılmıştır. Bu amaçla tava eğimi % 1' den az olduğunda 15 m, % 1-2 arasında olduğunda 12 m, % 2' den fazla olduğunda 9 m dolayında seçilmesi önerisine uyulmuştur (Yıldırım, 1993).



4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4. 1. Bünye Analizi

Araştırmada Bouyoucos Hidrometre yöntemi ile belirlenen her profilin katlarına ilişkin bünye analiz sonuçları Tablo 4.1' de verilmiştir. Tablodaki değerlerin incelenmesinden, açılan profillerde kil miktarının % 18.2-61.3, silt miktarının % 27.2-52.8 ve kum miktarının % 4.7-53.3 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek kil miktarı 6 numaralı profilin 60-90 cm derinliğinde, silt miktarı 18 numaralı profilin 0-30 cm derinliğinde ve kum miktarı 30 numaralı profilin 60-90 cm' lik derinliğinde belirlenmiştir. En düşük kil miktarı 30 numaralı profilin 60-90 cm' lik derinliğinde, silt miktarı 15 numaralı profilin 60-90 cm' lik derinliğinde ve kum miktarı da 6 numaralı profilin 30-60 cm' lik derinliğinde belirlenmiştir.

Açılan profillerdeki verilerin değerlendirilmesiyle, ova topraklarının 0-30 cm' lik katının siltli kil bünyeli (% 40.5 kil, % 42.8 silt, % 16.7 kum), 30-60 cm' lik katının hafif kil bünyeli (% 43.5 kil, % 38.8 silt, % 17.7 kum) ve 60-90 cm' lik katının killi tın bünyeli (% 38.2 kil, % 34.6 silt, % 27.2 kum) oldukları söylenebilir (Gemalmaz, 1993). Benzer olarak Akgül (1992) tarafından yapılan çalışmada da Daphan ovası topraklarının yüzeyden itibaren ince, orta derecede ince ve orta bünyeli oldukları belirtilmiştir.

Önemsenesi gereken bir husus, Daphan ovası topraklarının genelinde 2 mm' den daha büyük mineral parçacıkların yüzeyde ve profil içerisinde bulunmasıdır. 44 ve 46 numaralı profillerin 30-60 cm ve 60-90 cm' lik derinlikleri, 1, 19, 26, 31, 34 ve 43 numaralı profillerin 60-90 cm' lik derinlikleri çok fazla çakıllı (% 80-90 kaba iskelet maddeli ve taşlı) olduğundan bu katlardan örnek alınmamıştır. 19, 26, 31, 34, ve 43 numaralı profillerin 30-60 cm' lik derinlikleri, 10, 12, 15, 20, 25, 27, 28, 33, 36, 45, 47 ve 48 numaralı profillerin 60-90 cm' lik derinlikleri, 29, 30, 32 ve 42 numaralı profillerin 30-60 cm ve 60-90 cm' lik derinlikleri ile 44 numaralı profilin 0-30 cm' lik derinlikleri % 20-30 kaba iskelet maddesi içerdiğinden bünye sınıflarının önüne çakıllılığı ifade etmek için " ç " harfi konulmuştur (Şimşek, 1993).

Yüzeyde ise; 5, 6, 27, 29, 31, 32, 41, 43, 44 ve 46 numaralı profillerin açıldığı alanlarda % 50-60 çakıllılık ve 1. sınıf taşlılık, 7, 15, 19, 26, 30, 34, 42 ve 45 numaralı profillerin açıldığı alanlarda % 30-40 çakıllılık ve yer yer 1. sınıf taşlılık, 1, 8, 10, 12, 20, 25, 28, 33, 37 ve 40 numaralı profillerin açıldığı alanlarda ise % 20-25 çakıllılık ve çok az taşlılık görülmüştür (Şimşek, 1993).

Tablo 4.1. Daphan Ovası Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Profil No	Derinlik cm	% Kil	% Silt	% Kum	Bünye Sınıfı	T.K Pv,%	S.N. Pv,%	S.T.K Pv,%	H.Ağr g/cm ³	Porozite, %	pH	Etik.ilet. ECx10 ⁶
1	0-30	51.7	36.8	11.5	C	43.6	28.2	15.4	1.03	62.3	8.00	285
	30-60	56.5	35.3	8.2	C	44.7	28.9	15.8	1.02	63.0	8.03	310
	60-90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2	0-30	52.5	37.6	9.9	C	44.1	29.9	14.2	1.05	61.5	7.95	260
	30-60	58.3	36.4	5.3	C	47.4	30.6	16.8	1.06	61.6	8.15	270
	60-90	39.6	33.7	26.7	CL	39.3	24.4	14.9	1.11	59.6	8.28	290
3	0-30	40.7	41.3	18.0	SiC	42.0	28.1	13.9	1.04	61.6	7.53	310
	30-60	44.3	34.7	21.0	C	42.8	28.8	14.0	1.06	60.9	8.05	340
	60-90	28.5	31.2	40.3	CL	37.9	23.2	14.7	1.24	53.9	8.09	265
4	0-30	39.2	41.6	19.2	SiCL	42.3	27.7	14.6	1.05	61.3	7.77	285
	30-60	45.1	35.4	19.5	C	44.1	27.9	16.2	1.04	61.6	8.20	365
	60-90	30.6	30.2	39.2	CL	39.1	24.2	14.9	1.18	56.1	8.45	245
5	0-30	53.4	38.5	8.1	C	46.8	30.1	16.7	1.01	63.0	7.70	280
	30-60	56.3	37.2	6.5	C	47.3	29.9	17.4	1.05	62.0	8.00	240
	60-90	55.2	35.7	9.1	C	45.8	29.6	16.2	1.04	62.2	8.15	285
6	0-30	59.3	35.2	5.5	C	47.1	30.4	16.7	1.06	61.2	7.99	245
	30-60	58.7	36.6	4.7	C	46.3	30.3	16.0	1.07	61.2	7.92	260
	60-90	61.3	33.8	4.9	C	49.1	30.7	18.4	1.08	60.9	8.17	265
7	0-30	47.1	38.2	14.7	C	44.1	26.1	18.0	1.03	61.7	7.67	375
	30-60	52.3	35.7	12.0	C	47.2	29.5	17.7	1.06	61.3	7.54	305
	60-90	48.2	39.6	12.2	C	45.9	28.3	17.6	1.08	60.4	7.95	415
8	0-30	49.3	37.4	13.3	C	44.9	27.2	17.7	1.04	61.3	7.86	320
	30-60	41.8	35.5	22.7	C	42.6	24.8	17.8	1.07	61.0	8.06	330
	60-90	39.4	33.8	26.8	CL	38.1	22.8	15.3	1.13	58.6	8.12	385
9	0-30	41.7	44.3	14.0	SiC	39.8	25.2	14.6	1.00	63.4	8.22	335
	30-60	48.1	41.0	10.9	SiC	42.3	25.7	16.6	1.04	62.0	8.27	360
	60-90	49.2	35.4	15.4	C	47.9	29.8	18.1	1.07	61.0	8.33	280

Tablo 4.1. Daphan Ovası Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Profil No	Derinlik cm	% Kil	% Silt	% Kum	Bünye Sınıfı	T.K. Pv,%	S.N. Pv,%	S.T.K. Pv,%	H.Ağr g/cm ³	Porozite, %	pH	Elek.ilet. ECx10 ⁶
10	0-30	40.3	40.4	19.3	SiC	40.6	26.3	14.3	1.06	60.9	8.15	270
	30-60	42.7	31.4	25.9	C	41.1	25.4	15.7	1.08	60.2	7.90	330
	60-90	24.7	29.8	45.5	ç.L	33.0	18.3	14.7	1.27	52.8	8.25	290
11	0-30	47.3	39.5	13.2	C	45.0	26.8	18.2	1.05	61.0	7.67	370
	30-60	55.6	36.1	8.3	C	48.7	29.1	19.6	1.03	62.4	7.53	335
	60-90	56.2	37.3	6.5	C	49.4	29.2	20.2	1.09	60.1	7.88	405
12	0-30	48.1	38.5	13.4	C	47.3	28.3	19.0	1.05	61.0	7.57	365
	30-60	50.3	35.9	13.8	C	48.7	30.2	18.5	1.05	61.7	7.68	285
	60-90	39.7	36.4	23.9	ç.CL	42.2	25.8	16.4	1.15	57.9	8.07	400
13	0-30	49.3	38.5	12.2	C	45.8	27.9	17.9	1.05	61.0	7.70	385
	30-60	53.7	36.4	9.9	C	47.1	28.9	18.2	1.07	61.0	7.50	330
	60-90	43.8	33.7	22.5	C	42.3	26.2	16.1	1.13	58.6	8.15	395
14	0-30	41.7	40.3	18.0	SiC	42.0	27.8	14.2	1.07	61.1	7.89	240
	30-60	50.8	34.6	14.6	C	45.4	28.5	16.9	1.05	61.5	8.26	375
	60-90	22.1	32.7	45.2	L	34.8	20.4	14.4	1.21	55.0	8.20	580
15	0-30	43.8	38.4	17.8	C	45.8	27.1	18.7	1.06	61.5	7.88	280
	30-60	51.7	34.6	13.7	C	48.9	30.7	18.2	1.04	61.9	8.07	340
	60-90	23.5	27.2	49.3	çSCL	32.3	19.0	13.3	1.23	54.3	8.05	465
16	0-30	44.1	37.5	18.4	C	46.2	28.4	17.8	1.03	62.5	8.04	305
	30-60	45.4	33.2	21.4	C	47.4	28.2	19.2	1.05	61.5	8.31	310
	60-90	29.7	31.2	39.1	CL	38.1	22.8	15.3	1.12	58.4	8.30	455
17	0-30	42.5	45.3	12.2	SiC	43.6	28.7	14.9	1.07	60.8	8.23	330
	30-60	47.3	37.6	15.1	C	46.3	28.2	18.1	1.08	60.6	8.33	320
	60-90	48.9	35.2	15.9	C	47.4	29.0	18.4	1.09	60.2	8.45	265
18	0-30	25.3	52.8	21.9	SiL	37.8	23.7	14.1	1.09	59.9	8.26	550
	30-60	31.2	48.4	20.4	CL	38.7	24.1	14.6	1.08	60.3	8.31	375
	60-90	34.1	42.6	23.3	CL	37.9	23.1	14.8	1.10	59.3	8.40	480

Tablo 4.1. Daphan Ovası Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Profil No	Derinlik cm	% Kil	% Silt	% Kum	Bünye Sınıfı	T.K. Pv.%	S.N. Pv.%	S.T.K. Pv.%	H.Agr g/cm ³	Porozite, %	pH	Elk.ilet. ECx10 ⁶
19	0-30	34.8	39.5	25.7	CL	39.3	23.5	15.8	1.12	58.8	8.09	565
	30-60	32.2	46.8	21.0	ç.CL	38.1	23.4	14.7	1.14	58.1	8.14	420
	60-90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20	0-30	24.3	51.6	24.1	SiL	36.9	23.2	13.7	1.08	60.3	7.78	670
	30-60	30.5	47.7	21.8	CL	37.2	22.4	14.8	1.09	59.9	8.14	465
	60-90	33.6	44.0	22.4	ç.CL	36.8	22.1	14.7	1.11	58.9	8.02	470
21	0-30	38.6	44.7	16.7	SiCL	42.7	25.5	17.2	1.06	60.9	8.10	390
	30-60	41.3	42.6	16.1	SiC	43.2	26.7	16.5	1.05	61.3	8.08	370
	60-90	32.8	43.2	24.0	CL	38.8	23.2	15.6	1.14	57.8	8.20	360
22	0-30	50.1	39.6	10.3	C	50.3	29.7	20.6	1.08	59.9	7.88	365
	30-60	56.7	37.2	6.1	C	51.4	30.6	20.8	1.06	61.3	7.80	370
	60-90	50.6	35.8	13.6	C	50.2	29.9	20.3	1.12	59.0	8.06	380
23	0-30	41.3	45.2	13.5	SiC	41.9	26.1	15.8	1.10	60.0	8.28	265
	30-60	49.7	39.3	11.0	C	46.6	27.8	18.8	1.07	61.1	8.33	280
	60-90	55.6	31.0	13.4	C	49.9	30.2	19.7	1.08	60.7	8.31	230
24	0-30	39.6	44.5	15.9	SiCL	40.2	24.2	16.0	1.10	60.0	8.06	285
	30-60	48.9	37.6	13.5	C	45.3	27.6	17.7	1.08	60.7	7.89	270
	60-90	51.3	32.5	16.2	C	47.6	28.4	19.2	1.08	60.7	8.12	280
25	0-30	33.2	51.7	15.1	SiCL	36.8	21.2	15.6	1.08	60.9	8.01	230
	30-60	40.9	43.1	16.0	SiC	38.7	22.3	16.4	1.06	61.0	8.19	395
	60-90	24.2	29.1	46.7	ç.L	27.8	13.6	14.2	1.24	54.2	8.07	310
26	0-30	42.7	44.1	13.2	SiC	43.5	25.7	17.8	1.02	62.4	7.82	370
	30-60	31.6	45.3	23.1	ç.CL	39.1	23.4	15.7	1.07	60.5	8.04	370
	60-90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27	0-30	30.6	49.7	19.7	SiCL	36.9	22.5	14.4	1.06	60.9	7.87	240
	30-60	31.9	40.3	27.8	CL	37.6	23.4	14.2	1.10	59.1	8.14	470
	60-90	22.8	41.2	36.0	ç.L	33.1	18.8	14.3	1.18	56.1	8.15	305

Tablo 4.1. Daphan Ovası Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Profil No	Derinlik cm	% Kil	% Silt	% Kum	Bünye Sınıfı	T.K. Pv,%	S.N. Pv,%	S.T.K. Pv,%	H.Ağr g/cm ³	Porozite, %	pH	Elk.ilet. ECx10 ⁶
28	0-30	31.3	51.1	17.6	SiCL	38.5	23.9	14.6	1.05	61.3	7.99	255
	30-60	33.4	41.7	24.9	CL	39.3	24.8	14.5	1.04	61.3	8.22	350
	60-90	34.2	39.8	26.0	ç.CL	39.7	23.1	16.6	1.06	60.6	8.29	385
29	0-30	31.0	52.2	16.8	SiCL	40.6	25.7	14.9	1.07	60.5	8.24	260
	30-60	32.1	41.5	26.4	ç.CL	39.8	25.0	14.8	1.09	59.5	8.27	390
	60-90	24.2	32.1	43.7	ç.L	33.6	19.3	14.3	1.24	53.9	8.16	335
30	0-30	25.6	44.1	30.3	L	34.2	18.7	15.5	1.18	56.6	8.24	405
	30-60	24.3	39.6	36.1	ç.L	33.3	17.9	15.4	1.20	55.6	8.27	400
	60-90	18.2	28.5	53.3	ç.SL	29.6	15.3	14.3	1.30	51.7	8.33	380
31	0-30	26.1	43.2	30.7	L	33.0	19.5	13.5	1.15	57.7	8.09	465
	30-60	29.7	41.6	28.7	ç.CL	37.7	23.1	14.6	1.15	57.4	8.10	370
	60-90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
32	0-30	31.2	50.3	18.5	SiCL	38.4	23.5	14.9	1.09	59.8	8.07	220
	30-60	33.9	42.6	23.5	ç.CL	40.6	26.1	14.5	1.11	58.7	8.28	350
	60-90	24.4	29.6	46.0	ç.L	32.3	18.6	13.7	1.25	53.5	8.02	305
33	0-30	31.5	49.8	18.7	SiCL	38.6	24.0	14.6	1.09	59.8	8.37	255
	30-60	30.2	41.2	28.6	CL	38.4	22.2	16.2	1.13	58.0	8.44	460
	60-90	30.6	28.5	40.9	ç.CL	37.4	22.7	14.7	1.18	56.1	8.53	380
34	0-30	41.2	46.8	12.0	SiC	40.1	22.2	17.9	1.08	60.9	7.84	305
	30-60	21.4	36.7	41.9	ç.L	33.7	19.6	14.1	1.15	57.7	8.25	350
	60-90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
35	0-30	31.9	51.6	16.5	SiCL	40.6	25.5	15.1	1.07	61.2	7.80	265
	30-60	41.3	47.4	11.3	SiC	42.3	27.7	14.6	1.05	61.4	8.09	370
	60-90	41.6	40.3	18.1	SiC	43.3	27.6	15.7	1.09	59.8	8.15	295
36	0-30	39.7	45.6	14.7	SiCL	42.8	27.8	15.0	1.08	59.7	8.16	290
	30-60	46.8	34.7	18.5	C	44.6	29.1	15.5	1.10	59.9	8.21	330
	60-90	38.5	37.4	24.1	ç.CL	39.8	23.5	16.3	1.13	58.6	8.15	350

Tablo 4.1. Daphan Ovası Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Profil No	Derinlik cm	% Kil	% Silt	% Kum	Bünye Sınıfı	T.K. Pv,%	S.N. Pv,%	S.T.K. Pv,%	H.Ağr g/cm ³	Porozite, %	pH	Elk.ilet. ECx10 ⁶
37	0-30	38.5	45.7	15.8	SiCL	41.3	26.3	15.0	1.10	59.0	8.05	340
	30-60	50.5	40.2	9.3	SiC	45.4	29.2	16.2	1.08	60.6	8.06	360
	60-90	39.6	38.4	22.0	CL	40.7	25.8	14.9	1.16	57.5	8.11	355
38	0-30	46.6	43.1	10.3	SiC	43.3	26.2	17.1	1.01	62.3	7.94	280
	30-60	58.3	31.6	10.1	C	49.1	30.0	19.1	1.02	62.8	8.17	240
	60-90	58.8	30.8	10.4	C	50.3	30.7	19.6	1.01	63.0	8.47	300
39	0-30	42.7	41.5	15.8	SiC	38.7	23.1	15.6	1.04	62.3	8.18	240
	30-60	43.6	35.8	20.6	C	41.6	27.6	14.0	1.05	61.4	8.32	320
	60-90	39.5	28.7	31.8	CL	36.7	22.1	14.6	1.13	58.3	8.66	340
40	0-30	46.5	36.4	17.1	C	43.3	27.6	15.7	1.06	60.6	7.49	330
	30-60	52.6	35.8	11.6	C	48.0	29.2	18.8	1.05	61.7	7.72	375
	60-90	49.8	37.4	12.8	C	47.5	29.7	17.8	1.09	60.1	7.97	405
41	0-30	48.5	37.6	13.9	C	42.7	27.5	15.2	1.08	60.4	7.90	270
	30-60	57.2	36.5	6.3	C	47.1	30.0	17.1	1.06	61.6	8.12	265
	60-90	38.3	31.7	30.0	CL	37.0	22.2	14.8	1.12	59.3	8.35	295
42	0-30	46.7	35.4	17.9	C	38.9	25.2	13.7	1.04	61.9	7.79	260
	30-60	39.2	38.7	22.1	ç.CL	38.6	24.1	14.5	1.09	60.5	7.92	240
	60-90	34.3	31.6	34.1	ç.CL	30.5	17.1	13.4	1.19	56.7	8.08	275
43	0-30	51.2	33.8	15.0	C	43.8	25.5	18.3	1.07	60.8	7.97	330
	30-60	34.4	38.3	27.3	ç.CL	40.5	25.1	15.4	1.10	60.1	8.13	270
	60-90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
44	0-30	38.2	29.5	32.3	ç.CL	37.1	21.7	15.4	1.13	58.9	8.22	215
	30-60	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	60-90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
45	0-30	27.8	43.6	28.6	CL	39.2	24.3	14.9	1.10	59.6	8.11	320
	30-60	29.2	40.8	30.0	CL	39.6	24.5	15.1	1.11	58.9	8.23	335
	60-90	20.2	36.5	43.3	ç.L	35.3	20.6	14.7	1.18	56.1	8.41	440

Tablo 4.1. Daphan Ovası Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Profil No	Derinlik cm	% Kil	% Silt	% Kum	Bünye Sınıfı	T.K. Pv,%	S.N. Pv,%	S.T.K. Pv,%	H.Ağr g/cm ³	Porozite, %	pH	Elk.ilet. ECx10 ⁶
46	0-30	43.5	42.0	14.5	SiC	43.8	26.7	17.1	1.09	59.8	7.90	325
	30-60	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	60-90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
47	0-30	32.1	52.5	15.4	SiCL	39.5	24.7	14.8	1.05	62.0	8.24	295
	30-60	40.4	45.0	14.6	SiC	38.9	23.2	15.7	1.03	62.1	8.33	570
	60-90	41.2	40.8	18.0	çSiC	39.8	24.5	15.3	1.06	60.9	8.35	350
48	0-30	41.8	44.5	13.7	SiC	38.3	24.3	14.0	1.00	63.4	7.98	310
	30-60	47.6	37.9	14.5	C	43.5	28.6	14.9	1.03	62.4	8.11	340
	60-90	48.5	35.1	16.4	ç.C	46.7	28.9	17.8	1.07	61.0	8.16	305

4.2. Hacim Ağırlığı

Araştırma alanı topraklarının hacim ağırlıkları 1.00-1.30 g/cm³ arasında değişmektedir (Tablo 4.1). En düşük hacim ağırlığı 9 ile 48 numaralı profillerin 0-30 cm' lik derinliğinde, en yüksek hacim ağırlığı ise 30 numaralı profilin 60-90 cm' lik derinliğinde bulunmuştur. Açılan profiller bir bütün olarak düşünüldüğünde hacim ağırlığı değerleri 0-30 cm' lik katta 1.066 g/cm³ , 30-60 cm' lik katta 1.073 g/cm³ , 60-90 cm' lik katta ise 1.138 g/cm³ olarak hesaplanmıştır. Bulanan değerlere göre genel olarak ova topraklarının hacim ağırlığının düşük olduğu söylenebilir.

Andrake' ye (Apan, 1976a) göre, hacim ağırlığı toprağın bünyesi, yapısı, ve işlenme durumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Güngör ve Yıldırım (1989) tarafından, toprağın sıkışmasıyla hacim ağırlığının arttığı, Perrier ve Salkini (1991) tarafından da, tekstüre bağlı olarak hacim ağırlığının killi topraklardan kumlu topraklara doğru 1.00-1.80 g/cm³ arasında değiştiği ifade edilmiştir.

Profiller gerek tek tek ve gerekse bir bütün olarak düşünüldüğünde hacim ağırlığının derinlikle bir artış gösterdiği ve bu durum tekstürel yönden açıklanabileceği gibi, agregasyonun ve kök intensitesinin derinlikle azalmasıyla, üst tabakaların sıkıştırma etkisinin söz konusu olmasıyla da açıklanabilir (Ergene, 1993).

Akgül' de (1992) yaptığı çalışmada, Daphan ovası topraklarının hacim ağırlıklarının $0.95-1.28 \text{ g/cm}^3$ arasında değiştiğini belirtmiş ve genel olarak hacim ağırlığının düşük bulunuşunu, kil içeriğinin yüksekliğine, organik maddenin nisbeten yüksek ve derinlere nüfus etmiş olmasına, kireç içeriklerinin yüksek olmasına, şişme ve büzülme nedeniyle belirgin bir sıkışmanın olmamasına ve biyolojik aktivitenin etkisiyle toprakların granülasyonunun artmasına bağlı olabileceğini ifade etmiştir.

4. 3. Porozite

Hesapla belirlenen porozite değerleri % 51.7 ile % 63.4 arasında değişiklik göstermektedir (Tablo 4.1). Açılan tüm profillerin bütünlüğü göz önüne alındığında porozitenin 0-30 cm' lik kontrol derinliğinde % 60.8, 30-60 cm' lik kontrol derinliğinde % 60.7, 60-90 cm'lik kontrol derinliğinde ise % 58.1 olduğu görülmektedir.

En düşük porozite değeri 30 numaralı profilin 60-90 cm, en yüksek porozite değeri ise 9 ile 48 numaralı profillerin 0-30 cm derinliğinde belirlenmiştir.

Tablo 4.1' deki porozite değerleri incelendiğinde, porozitenin üst katlarda yüksek olduğu görülmekle beraber, genel olarak ova topraklarının tümünde kontrol derinliğinde yüksek olduğu söylenebilir.

Ergene (1993), toprağın tekstürü, strüktürü ve toprağı meydana getiren parçacıkların şekline bağlı olan porozitenin, kumlu topraklarda % 35-50, ağır bünyeli topraklarda ise % 40-60 arasında değiştiğini ve toprağın organik madde miktarına bağlı olarak artabileceğini, Okuroğlu ve Yağanoğlu' da (1993), porozitenin orta bünyeli topraklarda % 50 dolayında olduğunu ifade etmişlerdir. Buradan hareketle bulunan porozite değerlerinin toprakların tekstürel durumlarına uygunluk gösterdiği ve yine bulunan düşük hacim ağırlığı değerlerinin de bu sonuçları desteklediği söylenebilir.

Akgül' de (1992) yaptığı çalışmada, Daphan ovası topraklarının porozite değerlerinin % 53.9 ile % 64.6 arasında değiştiğini bulmuş ve porozite değerlerinin yüksek çıkışının, iyi bir strüktür oluşumu, yüksek kil içeriği ve biyolojik aktiviteye bağlı olduğunu belirtmiştir.

4. 4. Tarla Kapasitesi ve Solma Noktası İle Faydalı Nem

Toprakların faydalı nem kapasitesinin üst sınırını oluşturan tarla kapasitesindeki nem içerikleri hacim olarak % 27.8 ile % 51.4 arasında bulunmuştur (Tablo 4.1). Açılan profillerin tümü göz önüne alındığında, tarla kapasitesi değeri 0-30 cm' lik

derinlik için % 41.5, 30-60 cm' lik derinlik için % 43 ve 60-90 cm' lik derinlik içinde % 40.1 olmaktadır. Bulunan bu değerlerin yüksek olduğu görülmektedir. Ergene (1993), koloidal maddeler ve organik maddece zengin toprakların, tarla kapasitesi değerlerinin yüksek olduğunu ve özellikle ince bünyeli topraklarda, granülasyonun da kapillar su kapasitesini artırarak toprakta tutulan su miktarını artırdığını belirtmiştir. Dolayısıyla, ova topraklarında kil miktarının fazla olması nedeniyle tarla kapasitesinin yüksek çıktığı söylenebilir. Hatta tekstürel yönden incelendiğinde, en yüksek tarla kapasitesi değerinin bulunduğu 22 numaralı profilin 30-60 cm' lik derinliği, % 56.7 kil, % 37.2 silt ve % 6.1 kum içerdiği, yine en düşük tarla kapasitesi değerinin bulunduğu 25 numaralı profilin 60-90 cm' lik derinliğinin de % 24.2 kil, % 29.1 silt ve % 46.7 kum içerdiği görülmektedir.

Akgül' de (1992), Daphan ovası topraklarında tarla kapasitesi değerinin büyük ölçüde, kil miktarı, organik madde miktarı ve agregasyon derecesine bağlı olarak değişim gösterdiğini ifade etmiştir.

Faydalı nem kapasitesinin alt sınırını oluşturan daimi solma noktası değerleri hacim olarak % 13.6 ile % 30.7 arasında değişmektedir (Tablo 4.1). Ova topraklarının tümü için ise, 0-30 cm' lik derinlikte % 25.7, 30-60 cm' lik derinlikte % 26.6 ve 60-90 cm' lik derinlikte % 24.1' dir.

Tablo 4.1' deki solma noktası değerleri incelendiğinde, solma noktasının büyük ölçüde toprağın tekstürüne bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Ertuğrul (1971) tarafından, toprakta kum miktarının artmasına bağlı olarak solma noktasında tutulan su miktarının azaldığı, Güngör ve Yıldırım (1989) tarafından da, birinci derecede tekstüre bağlı olan solma noktası değerinin, kumlu topraklarda % 2' den başlayarak killi topraklarda % 30' a kadar çıkabileceği ifade edilmiştir. Hanay (1990) tarafından belirtilen, solma noktasında tutulan suya kapillar gözeneklerin etkisinin söz konusu olmadığı, adhezyon ve kohezyon kuvvetleri ile organik madde miktarının etki ettiği düşüncesinden faydalanılarak, solma noktasındaki tutulan suya organik maddenin de etkisinin olabileceği söylenebilir.

En yüksek solma noktası değerlerinin elde edildiği 6 numaralı profilin 60-90 cm' lik derinliği, % 61.3 kil, % 33.8 silt, % 4.9 kum, 15 numaralı profilin 30-60 cm' lik derinliği, % 51.7 kil, % 34.6 silt, % 13.7 kum, 38 numaralı profilin 60-90 cm' lik derinliği, % 58.8 kil, % 30.8 silt, % 10.4 kum içermektedir. En düşük solma noktası değerinin elde edildiği 25 numaralı profilin 60-90 cm' lik derinliği, % 24.2 kil, % 29.1 silt, % 46.7 kum içermektedir.

Tarla kapasitesi ile solma noktası farkından hesaplanan faydalı nem değerleri hacim olarak % 13.3 ile % 20.8 arasında değişmektedir (Tablo 4.1). En fazla

faydalı nem değeri, % 56.7 kil, % 37.2 silt ve % 6.1 kum içeren 22 numaralı profilin 30-60 cm derinliğinde, en düşük faydalı nem değeri ise % 23.5 kil, % 27.2 silt ve % 49.3 kum içeren 15 numaralı profilin 60-90 cm' lik derinliğinde belirlenmiştir. Ova topraklarının tümü için faydalı su tutma kapasitesi ise 160 mm/m olarak hesaplanmıştır. Bulunan bu değerler Güngör ve Yıldırım (1989) tarafından, toprak tekstürlerine bağlı olarak verilen sınır değerlerine uygunluk göstermektedir. Ova topraklarının genel olarak ağır bünyeli olmaları ve ağır bünyeli topraklarda ise, gözeneklerin hemen tümünün kılcal gözenekler oluşu nedeniyle, ova topraklarının su tutma kapasiteleri yüksek bulunmuştur.

4. 5. Toprak Reaksiyonu ve Elektrik İletkenliği

Araştırma alanına ilişkin pH değerleri, 7.49-8.66 arasında değişmektedir (Tablo 4.1). Derinliklere göre tüm profillerin ortalamaları ise, 0-30 cm için 7.97, 30-60 cm için 8.09, 60-90 cm için 8.21 ve 0-90 cm için de 8.08' dir. En yüksek pH değeri 39 numaralı profilin 60-90 cm derinliğinde, en düşük pH değeri ise 40 numaralı profilin 0-30 cm derinliğinde belirlenmiştir. Akgül (1992) tarafından da belirlenen rakamlara uygunluk gösteren bu değerlere göre ovada kontrol derinliğinde herhangi bir alkalilik sorunu bulunmadığı söylenebilir.

Tablo 4.1' deki pH değerleri incelendiğinde genellikle derinlikle bir artış gösterdiği görülmektedir. Akgül (1992), ovada yüzey horizonları hariç kireç içeriğinin derinlikle arttığını, toprağın değişebilir sodyum içeriklerinin düşük oluşu nedeniyle pH' yı etkileyen asıl faktörün kireç olduğunu belirtmiştir. Yine aynı araştırmacı bazı profillerde yüzeyde pH' nın yüksek olmasında çoğu alkali karakterli olan besin elementlerinin bitki kökleri ile derinlerden alınıp, bitki artıkları ile tekrar toprağa ilave edilmesiyle açıklanabileceğini ifade etmiştir.

Daphan ovası topraklarında ölçülen elektrik iletkenlik değerleri 215-670 $\mu\text{mhos/cm/25 } ^\circ\text{C}$ arasında değişmektedir. En düşük elektrik iletkenlik değeri 44 numaralı profilin 0-30 cm derinliğinde, en yüksek ise 20 numaralı profilin 0-30 cm derinliğinde belirlenmiştir. Derinliklere göre profillerin ortalamaları, 0-30cm için 321 $\mu\text{mhos/cm/25 } ^\circ\text{C}$, 30-60 cm için 345 $\mu\text{mhos/cm/25 } ^\circ\text{C}$, 60-90 cm için 350 $\mu\text{mhos/cm/25 } ^\circ\text{C}$ dir.

Profiller tek tek incelendiğinde, 1, 2, 6, 8, 14, 15, 16, 22, 28, 34, 36, 39, 40 ve 45 numaralı profillerde elektrik iletkenlikte derinlikle bir artış, 3, 4, 9, 10, 23, 25, 27, 29, 32, 33, 35, 37, 47 ve 48 numaralı profillerde derinlikle önce artış, sonra azalış, 5, 7, 11, 12, 13, 18, 20, 24, 38, 41 ve 42 numaralı profillerde derinlikle önce bir azalış, sonra artış, 17, 19, 21, 30, 31 ve 43 numaralı profillerde derinlikle bir azalış, 26 numaralı profilde ise derinlikle bir değişme görülmemiştir.

Elde edilen değerlere göre Daphan ovası topraklarında tuzluluk yönünden bir problemin bulunmadığı söylenebilir (Akgül, 1992; Kanber vd., 1992).

4. 6. Sulama Suyu Analiz Sonuçları

Araştırma alanındaki sulamalarda kullanılacak yüzeysel su kaynağı olan Serçeme deresine ilişkin sulama suyu analiz sonuçları Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4. 2. Sulama Suyu Analiz Sonuçları

pH	Erimiş Mad- deler, ppm	ECx10 ⁶ / 25 °C	Kasyon Durumu (Me/l)				
			Na	K	Ca+Mg	Toplam	
8.12	119.0	186.0	0.43	—	1.43	1.86	
Anyon Durumu (Me/l)					Bor	% Na	SAR
CO ₃	HCO ₃	CL	SO ₄	Toplam	ppm		
—	1.26	0.33	0.27	1.86	—	23.1	0.51

Bor ve pH yönünden bir sorun söz konusu değildir. ABD tuzluluk laboratuvarı tarafından geliştirilen sisteme göre yapılan değerlendirmede, sulama suyunun C₁S₁ sınıfına girdiği görülmüştür. Bu sınıfa giren sular her toprak ve bitki için güvenle kullanılabilir (Kanber vd., 1992). DSI planlama raporu sonuçları da, bu suyun sulamada kullanılabileceğini desteklemektedir (Anon., 1979a)

4. 7. Drenaj

Akarayınlar deresinin iki yanında yamaçlara doğru uzanan alanlarda yıl boyunca ıslaklık görülmektedir. Bu alan dışında genel olarak, ovanın nisbeten yüksekte olması, eğimli olması, alt tabakalara doğru taşlılık ve akıllığın artması, aynı zaman da tekstürün kabalaşması ve ovada çok sayıda derin dere yataklarının bulunması gibi nedenlerle doğal olarak drenajın oluşacağı söylenebilir. Ancak profillerin açıldığı dönemlerdeki nem gözlemleri ile sağanak yağışlardan sonra elde edilen gözlemlere dayanılarak 11, 13, 22 ve 23 numaralı profillerin açıldığı alanlarda profilde dikkati çeken bir nemlilik ve yüzeyde ise balıklaşma görülmüştür. Eğim yönünden düze yakın olan bu profilin açıldığı alanlarda aşırı sulamalarda drenaj sorunuyla karşılaşılabileceği hususunun da dikkate alınması gerekir.

4. 8. İnfiltrasyon

Her profil sahası için çıkarılan toplam infiltrasyon, infiltrasyon hızı denklemleri ile sabit infiltrasyon hızları Tablo 4.3' de verilmiştir.

Tablo 4. 3. Daphan Ovası Topraklarının İnfiltrasyon Denklemleri İle Sabit İnfiltrasyon Hızları

Profil No	Toplam İnfiltrasyon Denklemi cm	İnfiltrasyon hızı Denklemi cm/ min	Sabit İnfiltrasyon hızı cm/h
1	$D = 0.470 t^{0.85}$	$I = 0.399 t^{-0.15}$	12.00
2	$D = 0.545 t^{0.77}$	$I = 0.420 t^{-0.23}$	8.73
3	$D = 0.419 t^{0.82}$	$I = 0.344 t^{-0.18}$	9.48
4	$D = 0.824 t^{0.80}$	$I = 0.659 t^{-0.20}$	16.09
5	$D = 0.512 t^{0.69}$	$I = 0.353 t^{-0.31}$	5.55
6	$D = 0.569 t^{0.74}$	$I = 0.421 t^{-0.26}$	7.84
7	$D = 0.378 t^{0.76}$	$I = 0.287 t^{-0.24}$	5.86
8	$D = 0.497 t^{0.79}$	$I = 0.393 t^{-0.21}$	9.05
9	$D = 0.660 t^{0.74}$	$I = 0.488 t^{-0.26}$	10.10
10	$D = 0.710 t^{0.81}$	$I = 0.575 t^{-0.19}$	15.39
11	$D = 0.560 t^{0.67}$	$I = 0.375 t^{-0.33}$	5.42
12	$D = 0.489 t^{0.75}$	$I = 0.367 t^{-0.25}$	8.28
13	$D = 0.670 t^{0.69}$	$I = 0.462 t^{-0.31}$	7.00
14	$D = 0.484 t^{0.83}$	$I = 0.402 t^{-0.17}$	11.01
15	$D = 0.513 t^{0.77}$	$I = 0.395 t^{-0.23}$	8.92
16	$D = 0.759 t^{0.77}$	$I = 0.584 t^{-0.23}$	11.89
17	$D = 0.629 t^{0.84}$	$I = 0.528 t^{-0.16}$	15.44
18	$D = 0.795 t^{0.81}$	$I = 0.644 t^{-0.19}$	16.81
19	$D = 0.853 t^{0.80}$	$I = 0.682 t^{-0.20}$	17.26
20	$D = 0.682 t^{0.85}$	$I = 0.580 t^{-0.15}$	17.87
21	$D = 0.739 t^{0.76}$	$I = 0.562 t^{-0.24}$	11.78
22	$D = 0.616 t^{0.73}$	$I = 0.450 t^{-0.27}$	7.59
23	$D = 0.418 t^{0.78}$	$I = 0.326 t^{-0.22}$	7.80

Tablo 4.3. Daphan Ovası Topraklarının İnfiltrasyon Denklemleri İle Sabit İnfiltrasyon Hızları

Profil No	Toplam İnfiltrasyon Denklemi cm	İnfiltrasyon hızı Denklemi cm/ min	Sabit İnfiltrasyon hızı cm/h
24	$D = 0.441 t^{0.82}$	$I = 0.362 t^{-0.18}$	9.87
25	$D = 1.154 t^{0.81}$	$I = 0.935 t^{-0.19}$	24.38
26	$D = 0.746 t^{0.79}$	$I = 0.589 t^{-0.21}$	14.96
27	$D = 1.221 t^{0.81}$	$I = 0.989 t^{-0.19}$	24.73
28	$D = 0.720 t^{0.81}$	$I = 0.583 t^{-0.19}$	15.22
29	$D = 1.009 t^{0.80}$	$I = 0.807 t^{-0.20}$	20.42
30	$D = 0.809 t^{0.84}$	$I = 0.680 t^{-0.16}$	20.92
31	$D = 0.898 t^{0.87}$	$I = 0.781 t^{-0.13}$	25.17
32	$D = 1.137 t^{0.80}$	$I = 0.910 t^{-0.20}$	21.95
33	$D = 0.891 t^{0.83}$	$I = 0.740 t^{-0.17}$	20.86
34	$D = 1.248 t^{0.80}$	$I = 0.998 t^{-0.20}$	25.61
35	$D = 0.634 t^{0.84}$	$I = 0.533 t^{-0.16}$	15.85
36	$D = 1.099 t^{0.77}$	$I = 0.846 t^{-0.23}$	18.04
37	$D = 0.940 t^{0.78}$	$I = 0.733 t^{-0.22}$	17.01
38	$D = 0.607 t^{0.79}$	$I = 0.480 t^{-0.21}$	11.06
39	$D = 0.720 t^{0.76}$	$I = 0.547 t^{-0.24}$	11.01
40	$D = 0.518 t^{0.84}$	$I = 0.435 t^{-0.16}$	12.13
41	$D = 0.508 t^{0.78}$	$I = 0.396 t^{-0.22}$	8.53
42	$D = 0.737 t^{0.76}$	$I = 0.560 t^{-0.24}$	11.00
43	$D = 0.517 t^{0.91}$	$I = 0.471 t^{-0.09}$	18.73
44	$D = 1.066 t^{0.82}$	$I = 0.874 t^{-0.18}$	23.11
45	$D = 0.745 t^{0.79}$	$I = 0.589 t^{-0.21}$	15.21
46	$D = 0.842 t^{0.84}$	$I = 0.707 t^{-0.16}$	21.05
47	$D = 0.627 t^{0.88}$	$I = 0.552 t^{-0.12}$	19.06
48	$D = 0.631 t^{0.76}$	$I = 0.480 t^{-0.24}$	9.77

İnfiltrometre deneme verilerinden, regresyon analizi ile elde edilen toplam infiltrasyon denklemlerine ilişkin korelasyon katsayıları da 0.970-0.999 arasında

bulunmuştur. Korelasyon katsayılarının yüksek çıkması Kostiakov eşitliğinin tarla ölçümlerini değerlendirmede başarı ile kullanılabileceğini göstermektedir (Clemmens ve Dedrick, 1981).

Toplam infiltrasyon eşitliğindeki "k" değerleri 0.378 (7 numaralı profil) ile 1.248 (34 numaralı profil) arasında, "a" değerleri ise 0.67 (11 numaralı profil) ile 0.91 (43 numaralı profil) arasında değişmektedir.

"k" değerlerinin yüksek olması genellikle başlangıçta infiltrasyon hızının yüksek olduğunu gösterir. "a" parametresinin büyüklüğü ise infiltrasyon hızındaki azalmanın yavaş olduğunu ifade eder (Delibaş, 1984).

Infiltrasyon hızları başlangıçta yüksek olup zamanla azalış göstermektedir. Bu durumun nedenleri, toprakların başlangıçta kuru olması, daha sonra doymuş duruma geçişi, uygulanan suyun başlangıçta toprakların yarık ve çatlaklarını doldurması ve zamanla kil taneciklerinin şişmesi sonucu gözenek çaplarının küçülmesi ile açıklanabilir (Apan, 1976a).

"a" parametresinin yüksek olması, durgun koşullarda ölçüm yapıldığından, yüzeyde suyun akışından dolayı gözeneklerin tıkanmasının söz konusu olmamasından kaynaklanabilir (Norum ve Gray, 1970; Lal ve Pandya, 1972).

Araştırma alanı topraklarının sabit infiltrasyon hızları, 5.42 (11 numaralı profil) ile, 25.61 cm/saat (34 numaralı profil) arasında değişmektedir (Tablo 4.3). Özdengiz (1970), infiltrasyonu etkileyen bir çok faktörden dolayı toprakların infiltrasyon hızlarına göre sınıflandırılmalarının güç olduğunu belirtmiştir. Fakat elde edilen sonuçların değerlendirilmesi açısından Kohnke (Hanay, 1990) tarafından belirtilen, infiltrasyon hızlarına göre sınıflandırma sınırlarına bakıldığında, ova topraklarında 5, 7 ve 11 numaralı profillerle temsil edilen alanların orta, 1, 2, 3, 6, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 22, 23, 24, 38, 39, 40, 41, 42 ve 48 numaralı profillerle temsil edilen alanların oldukça hızlı, kalanlar (34 hariç) hızlı 34 numaralı profilin ise çok hızlı sınıfına girdiği görülmektedir.

Ova toprakları genel olarak profil derinliğinde ince ve orta derecede ince tekstürlü olmalarına rağmen infiltrasyon hızlarının yüksek çıkışı agregasyondan, taşlılık ve çakıllılıktan kaynaklanabilir (Apan, 1976a; Şimşek, 1993). Infiltrasyonda suyun toprak profili içerisindeki hareketini toprak tabakasının alt katmanları kontrol eder. İncelenen sahadaki toprakların alt katmanlarının çakıllı ve kaba kumlu olması nedeniyle infiltrasyon değerleri yüksek çıkmaktadır. Güngör ve Yıldırım (1989), ağır bünyeli toprakların su geçirgenlik hızı yüksekliğinin, toprağın yapısına bağlı olabileceğini belirtmiştir. Daphan ovası

toprakları kireç ihtiva eden topraklardır (Akgül, 1992). Kireç ihtiva eden topraklar da su geçirgenliğine uygun olan topraklardır (Ergene, 1993). Bitki örtüsünün de, infiltrasyon üzerinde çıplak koşullara göre hızı artırıcı yönde etkisi söz konusudur (Yaşar ve Anaç, 1988; Özer, 1990). Infiltrasyon ölçümleri bitki yetiştirilen ortamlarda yapıldığından, bu durum da infiltrasyon hızının yüksek çıkışında etkili olan faktörlerden biri olabilir. Yine, ölçüm yapılan ayların kurak yaz dönemine denk gelmesi nedeniyle ova topraklarında oluşan yarık ve çatlakları ile düşük başlangıç nem içeriğinin infiltrasyon hızlarının yüksek çıkmasında etkisinin olduğu söylenebilir.

4. 9. Bitki Su Tüketimleri ve Sulama Zamanı ile Şebekeden Çekilecek Su Miktarları

Ovada yetiştiriciliği düşünülen bitkiler için hesaplanan bitki su tüketimi değerleri Tablo 4.4' de verilmiştir.

Tablo 4. 4. Mevsimlik Bitki Su Tüketimleri ve Ekiliş Yüzdeleri

Bitki Adı	Bitki Su Tüketimi mm	Ekiliş Yüzdesi	Bitki Adı	Bitki Su Tüketimi mm	Ekiliş Yüzdesi
K.Buğday	455.1	10	Patates	695.5	8
Arpa	348.6	10	Ş.Pancarı	717.1	10
Yulaf	495.0	5	Ayçiçeği	565.2	9
Yonca	695.7	30	Lahana	468.6	2
Ç.Üçgülü	624.2	5	Bostan	556.6	1
Fiğ	369.1	10			

Tablo 4.4' deki bitki su tüketimleri değerleri incelendiğinde, en yüksek su tüketiminin şeker pancarı bitkisinde, en düşük ise arpa bitkisinde olduğu görülmektedir.

Gelecekte yetiştirilmesi planlanan bitkilerin kurak, normal ve yağışlı yıllara göre sulama zamanı planlaması sonuçları da Tablo 4.5' den Tablo 4.37' ye kadar verilmiştir. Her bitki için ayrı ayrı düzenlenen sulama zamanı planlaması tablolarında , bitkilerin hasat ve ekim tarihleri, sulama zamanı ve aralıkları, her sulamada uygulanan net ve brüt sulama suyu miktarları ile sulama modülleri verilmiştir. Ayrıca, bazı mevsimlik değerler ile sulama programı ve yağış etkinliği yüzdeleri de sunulmuştur.

Sulama zamanı planlamasında kışlık buğdayda ilk su ile ikinci su arasında geçen zamanın fazla olması ekimin kışlık olması nedeniyledir.

Bulunan sonuçları destekleme açısından, Erzurum koşullarında ekimi düşünülen bitkilerle ilgili yapılan sulama deneme sonuçları ile su tüketimine ait diğer bilgilerin de gözden geçirilmesinin faydalı olacağı düşünüülerek, bunlardan aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

Sevim (1988a), Erzurum koşullarında kışlık buğdayda yaptığı sulama denemesinde, buğdayın su tüketiminin 398 mm (toplam 238 mm sulama suyu) olduğunu, ekimden sonra, sapa kalkma ve çiçeklenme dönemi başlangıcında olmak üzere üç kez sulamanın gerektiğini belirtmiştir.

Sevim (1984), Erzurum koşullarında ayçiçeğinde yaptığı sulama denemesinde, toprakta faydalı suyun % 80' i kullanıldığında sulama yapılmasını, mevsimlik su tüketiminin 468 mm olduğunu, tabla teşekkülü, çiçeklenme ve süt olumu devrelerinde olmak üzere üç kez sulama yapılabileceğini önermiştir.

Sevim (1986), Erzurum koşullarında patatesin su tüketimini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, toprakta faydalı su % 50' ye düştüğü zaman sulama yapılmasını, mevsimlik su tüketiminin 720 mm olduğunu, haziran sonu veya temmuz ayının ilk haftasından itibaren 10-12 gün ara ile 8 sulamanın yapılabileceğini önermiştir. Patatesin sulanması ile ilgili olarak Erzurum koşullarında Tahtacıoğlu vd., (1990) ve Karadoğan (1990) tarafından, yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar belirtilmiştir. Karadoğan (1990) ayrıca, sulamaya hasada kadar devam edilmesi durumunda daha fazla verim alınacağını ifade etmiştir.

Sencar (1984), değişik sulama zamanı ve gübre seviyelerinin yulafta verim ve kaliteye etkisi konusunda yapmış olduğu çalışmada sapa kalkma, çiçeklenme başlangıcı ve süt olum dönemini kapsayan dönemlerde yapılan üç sulama ile (toplam 240 mm sulama suyu) en yüksek verim elde edildiğini belirtmiştir. Yetiştirme dönemindeki yağış ortalaması ise 221.5 mm olmuştur. Yine Kün (1988) tarafından da, yıllık yağışı 700-800 mm olan yerlerin yulaf için uygun olduğu ifade edilmiştir.

Manga (1973), Erzurum koşullarında yoncada sulama denemesinde, yoncanın su tüketimini 836 mm olarak belirlemiş ve toprakta faydalı suyun % 50' si tüketildiğinde sulama yapılmasını önermiştir. Şu anda Erzurum Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünce yürütülmekte olan yoncanın sulanması konusunda yapılan denemenin 1992 ve 1993 yılı sonuçlarına göre de her

biçimden sonra ve her biçimden 4 hafta sonra yapılan sulama uygulaması ile en yüksek verim alınmış ve mevsimlik su tüketimi 685 mm olmuştur (Anon., 1993d). Sheaffer, et al., (1988) tarafından da, yoncanın su tüketiminin yıllık 400-1900 mm arasında değiştiği belirtilmiştir.

Sevim (1988b, 1991), Erzurum koşullarında şeker pancarında yaptığı sulama denemelerinde, şeker pancarının su tüketiminin 700 mm civarında olduğunu, 10-12 gün ara ile toplam 6-7 kez sulama yapılabileceğini önermiştir. Ayrıca hasata 20-25 gün kala sulamaya son verilmesi gerektiğini de belirtmiştir.

Tablo 4. 5. Kurak Yıl İçin Kışlık Buğday Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: K.Buğday				
Ekim tarihi	: 15 Eylül	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği	: Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)				
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	1	16 Eyl.	48.6	81.0	
2	230	6 May.	74.6	124.3	0.06
3	30	6 Haz.	75.8	126.3	0.49
4	24	1 Tem.	75.8	126.3	0.61
Hasat		6 Ağs.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı	: 457.8 mm		Toplam yağış	: 202.6 mm	
Toplam net sulama suyu miktarı	: 274.7 mm		Etkili yağış	: 201.1 mm	
Toplam sulama suyu kaybı	: 0.0 mm		Top.yağış kaybı	: 1.5 mm	
Hasatta toprakta kalan su miktarı	: 51.3 mm		Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi	: 455.1 mm		suyu ihtiyacı	: 254.0 mm	
Sulama programının etkinliği	: % 100		Yağış etkinliği	: % 99.3	

Tablo 4. 6. Kurak Yıl İçin Arpa Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Arpa				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	1	26 Nis.	50.6	84.4	
2	35	1 Haz.	65.4	109.0	0.36
3	24	25 Haz.	76.0	126.6	0.61
4	18	13 Tem.	74.9	124.9	0.80
Hasat		6 Ağs.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		:	444.9 mm	Toplam yağış	: 86.9 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		:	266.9 mm	Etkili yağış	: 86.9 mm
Toplam sulama suyu kaybı		:	0.0 mm	Top.yağış kaybı	: 0.0 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		:	66.9 mm	Gerçek sulama	
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		:	348.6 mm	suyu ihtiyacı	: 261.8 mm
Sulama programının etkinliği		:	% 100	Yağış etkinliği	: % 100

Tablo 4. 7. Kurak Yıl İçin Yulaf Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Yulaf				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi : 160 mm/m			
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı : % 60			
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	1	26 Nis.	50.4	84.0	
2	36	2 Haz.	66.5	110.8	0.36
3	17	19 Haz.	71.6	119.3	0.81
4	12	1 Tem.	72.3	120.5	1.16
5	11	12 Tem.	74.6	124.3	1.31
6	11	23 Tem.	76.0	126.7	1.33
Hasat		16 Aġs.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı : 685.7 mm Toplam yağış : 88.1 mm					
Toplam net sulama suyu miktarı : 411.4 mm Etkili yağış : 88.1 mm					
Toplam sulama suyu kaybı : 0.0 mm Top.yağış kaybı : 0.0 mm					
Hasatta toprakta kalan su miktarı : 67.5 mm Gerçek sulama					
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi : 495.0 mm suyu ihtiyacı : 406.9 mm					
Sulama programının etkinliği : % 100 Yağış etkinliği : % 100					

Tablo 4. 8. Kurak Yıl İçin Yonca Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Yonca				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	1	26 Nis.	73.0	121.7	
2	44	10 Haz.	73.4	122.3	0.32
3	25	5 Tem.	74.1	123.6	0.57
4	19	24 Tem.	74.2	123.7	0.75
5	18	12 Aġs.	74.2	123.7	0.80
6	19	1 Eyl.	73.8	123.1	0.75
7	26	27 Eyl.	73.3	122.1	0.54
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 860.1 mm	Toplam yağış		: 207.9 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 516.0 mm	Etkili yağış		: 201.7 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 6.2 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 50.0 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 695.7 mm	suyu ihtiyacı		: 494.0 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 97.0

Tablo 4. 9. Kurak Yıl İçin Çayır Üçgülü Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Ç.Üçgülü				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi			: 160 mm/m
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı			: % 60
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	1	26 Nis.	33.2	55.3	
2	27	23 May.	33.6	56.0	0.24
3	18	11 Haz.	33.8	56.3	0.36
4	15	26 Haz.	34.2	57.1	0.44
5	11	7 Tem.	32.5	54.2	0.57
6	9	16 Tem.	32.2	53.7	0.69
7	10	26 Tem.	35.2	58.6	0.68
8	10	6 Aġs.	35.7	59.5	0.69
9	9	15 Aġs.	32.7	54.4	0.70
10	10	25 Aġs.	34.8	57.9	0.67
11	11	6 Eyl.	33.5	55.9	0.59
12	13	19 Eyl.	33.2	55.3	0.49
13	18	7 Eki.	32.6	54.3	0.35
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 728.6 mm	Toplam yağış		: 207.9 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 437.2 mm	Etkili yağış		: 191.4 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 16.5 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 27.6 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 624.2 mm	suyu ihtiyacı		: 432.8 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 92.0

Tablo 4.10. Kurak Yıl için Fiğ Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Fiğ				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	1	26 Nis.	34.0	56.6	
2	27	23 May.	35.0	58.3	0.25
3	13	6 Haz.	33.6	55.9	0.50
4	9	15 Haz.	33.4	55.7	0.72
5	7	22 Haz.	33.3	55.5	0.92
6	7	29 Haz.	34.7	57.8	0.96
7	6	5 Tem.	35.9	59.8	1.15
8	6	11 Tem.	35.4	59.0	1.14
9	7	18 Tem.	35.6	59.4	0.98
Hasat		26 Tem.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 518.1 mm	Toplam yağış		: 84.8 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 310.8 mm	Etkili yağış		: 73.2 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 11.6 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 17.0 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 369.1 mm	suyu ihtiyacı		: 295.9 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 86.3

Tablo 4.11. Kurak Yıl İçin Patates Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Patates				
Ekim tarihi	: 5 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	1	6 May.	34.0	56.7	
2	35	11 Haz.	42.1	70.2	0.23
3	15	26 Haz.	48.0	80.0	0.62
4	10	6 Tem.	51.7	86.2	1.00
5	8	14 Tem.	50.4	84.0	1.21
6	7	21 Tem.	49.3	82.2	1.36
7	8	29 Tem.	54.8	91.4	1.32
8	7	6 Ağs.	49.1	81.9	1.35
9	7	13 Ağs.	49.0	81.7	1.35
10	7	20 Ağs.	48.9	81.4	1.35
11	8	28 Ağs.	48.3	80.5	1.17
12	10	8 Eyl.	49.9	83.2	0.96
13	14	22 Eyl.	49.7	82.8	0.68
Hasat		11 Eki.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 1042.1mm	Toplam yağış		: 89.5 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 625.3 mm	Etkili yağış		: 89.5 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 0.0 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 28.8 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 695.5 mm	suyu ihtiyacı		: 606.0 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 100

Tablo 4.12. Kurak Yıl için Şeker Pancarı Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Ş.Pancarı				
Ekim tarihi	: 5 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği	: Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)				
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	1	6 May.	50.0	83.4	
2	47	23 Haz.	61.8	102.9	0.25
3	22	15 Tem.	71.9	119.8	0.63
4	12	27 Tem.	74.4	124.0	1.20
5	10	7 Aġs.	77.1	128.5	1.49
6	9	16 Aġs.	75.2	125.3	1.61
7	10	26 Aġs.	79.2	131.9	1.53
8	11	7 Eyl.	76.7	127.8	1.34
9	13	20 Eyl.	73.4	122.4	1.09
Hasat		16 Eki.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı	: 1066.1mm		Toplam yağış	: 92.7 mm	
Toplam net sulama suyu miktarı	: 639.6 mm		Etkili yağış	: 90.7 mm	
Toplam sulama suyu kaybı	: 0.0 mm		Top.yağış kaybı	: 2.0 mm	
Hasatta toprakta kalan su miktarı	: 58.8 mm		Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi	: 717.1 mm		suyu ihtiyacı	: 626.4 mm	
Sulama programının etkinliği	: % 100		Yağış etkinliği	: % 97.9	


Tablo 4.13. Kurak Yıl İçin Ayçiçeği Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Ayçiçeği				
Ekim tarihi	: 5 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi : 160 mm/m			
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı : % 60			
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	27	2 Haz.	90.5	150.9	0.65
2	39	11 Tem.	113.4	189.1	0.56
3	20	1 Aġs.	117.5	195.9	1.13
4	19	20 Aġs.	120.5	200.9	1.22
Hasat		26 Eyl.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 736.7 mm	Toplam yağış		: 83.0 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 442.0 mm	Etkili yağış		: 83.0 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 0.0 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 112.2 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 565.2 mm	suyu ihtiyacı		: 482.3 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 100

Tablo 4.14. Kurak Yıl İçin Lahana Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Lahana				
Ekim tarihi	: 15 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	1	16 May.	33.2	55.4	
2	11	27 May.	14.2	23.7	0.25
3	6	3 Haz.	13.1	21.8	0.42
4	9	12 Haz.	15.1	25.2	0.32
5	9	21 Haz.	15.6	26.1	0.34
6	6	27 Haz	14.0	23.3	0.45
7	5	2 Tem.	16.0	26.6	0.62
8	5	7 Tem.	14.7	24.6	0.57
9	4	11 Tem.	14.6	24.3	0.70
10	4	15 Tem.	14.6	24.3	0.70
11	4	19 Tem.	14.6	24.3	0.70
12	4	23 Tem.	16.7	27.9	0.81
13	4	27 Tem.	16.9	28.1	0.81
14	4	1 Aġs.	16.9	28.2	0.82
15	4	5 Aġs.	16.3	27.1	0.79
16	4	9 Aġs.	16.3	27.1	0.79
17	3	12 Aġs.	12.8	21.3	0.82
18	4	16 Aġs.	16.6	27.7	0.80
19	4	20 Aġs.	16.6	27.7	0.80
20	4	24 Aġs.	14.8	24.6	0.71
21	4	28 Aġs.	14.8	24.6	0.71
22	4	2 Eyl.	14.4	24.1	0.70

Tablo 4.14' ün Devamı

Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)	
23	5	7 Eyl.	16.1	26.9	0.62	
24	4	11 Eyl.	13.1	21.8	0.63	
25	5	16 Eyl.	13.7	22.8	0.53	
26	5	21 Eyl.	13.0	21.7	0.50	
27	8	29 Eyl.	15.0	25.0	0.36	
28	11	10 Eki.	14.2	23.7	0.25	
Hasat		26 Eki.				
						
Toplam brüt sulama suyu miktarı			: 729.9 mm	Toplam yağış		: 85.5 mm
Toplam net sulama suyu miktarı			: 437.9 mm	Etkili yağış		: 55.7 mm
Toplam sulama suyu kaybı			: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 29.8 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı			: 6.2 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi			: 467.8 mm	suyu ihtiyacı		: 412.1 mm
Sulama programının etkinliği			: % 100	Yağış etkinliği		: % 65.1

Tablo 4.15. Kurak Yıl İçin Bostan Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Bostan				
Ekim tarihi	: 15 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi : 160 mm/m			
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı : % 60			
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	1	16 May.	34.2	57.1	
2	30	16 Haz.	43.0	71.6	0.28
3	14	1 Tem.	44.4	74.0	0.61
4	9	9 Tem.	46.6	77.7	1.00
5	8	17 Tem.	53.5	89.2	1.29
6	8	25 Tem.	53.9	89.8	1.30
7	7	2 Aġs.	48.8	81.4	1.35
8	7	9 Aġs.	48.3	80.4	1.33
9	7	16 Aġs.	49.3	82.2	1.36
10	8	24 Aġs.	49.8	83.0	1.20
11	11	5 Eyl.	49.9	83.1	0.87
Hasat		11 Eyl.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı : 869.4 mm Toplam yağış : 66.1 mm					
Toplam net sulama suyu miktarı : 521.7 mm Etkili yağış : 66.1 mm					
Toplam sulama suyu kaybı : 0.0 mm Top.yağış kaybı : 0.0 mm					
Hasatta toprakta kalan su miktarı : 16.8 mm Gerçek sulama					
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi : 556.6 mm suyu ihtiyacı : 490.5 mm					
Sulama programının etkinliği : % 100 Yağış etkinliği : % 100					

Tablo 4.16. Normal Yıl İçin Kışlık Buğday Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: K.Buğday				
Ekim tarihi	: 15 Eylül	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Süreklilik (l/s/ha)
1	1	16 Eyl.	48.6	81.0	
2	257	3 Haz.	75.9	126.5	0.06
3	28	1 Tem.	72.3	120.5	0.50
Hasat		6 Ağs.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 328.0 mm	Toplam yağış		: 419.0 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 196.8 mm	Etkili yağış		: 303.2 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 115.8 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 27.1 mm	Gerçek sulama suyu ihtiyacı		: 151.9 mm
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 455.1 mm			
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 72.4

Tablo 4.17. Normal Yıl İçin Arpa Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Arpa				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	57	22 Haz.	75.0	125.1	0.25
2	23	15 Tem.	76.0	126.6	0.64
Hasat		6 Aġs.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı : 251.7 mm Toplam yağış : 164.5 mm					
Toplam net sulama suyu miktarı : 151.0 mm Etkili yağış : 164.5 mm					
Toplam sulama suyu kaybı : 0.0 mm Top.yağış kaybı : 0.0 mm					
Hasatta toprakta kalan su miktarı : 47.5 mm Gerçek sulama					
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi : 348.6 mm suyu ihtiyacı : 184.1 mm					
Sulama programının etkinliği : % 100 Yağış etkinliği : % 100					

Tablo 4.18. Normal Yıl İçin Yulaf Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Yulaf				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	51	16 Haz.	72.0	120.1	0.27
2	15	1 Tem.	77.1	128.5	0.99
3	12	13 Tem.	75.9	126.5	1.22
4	12	25 Tem.	74.9	124.8	1.20
Hasat		16 Aġs.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 499.8 mm	Toplam yağış		: 171.1 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 299.9 mm	Etkili yağış		: 163.8 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 7.3 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 45.7 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 495.0 mm	suyu ihtiyacı		: 331.2 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 95.8

Tablo 4.19. Normal Yıl İçin Yonca Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Yonca					
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m			
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60			
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)						
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)	
1	60	25 Haz.	72.1	120.2	0.23	
2	25	20 Tem.	75.4	125.7	0.58	
3	21	11 Aġs.	74.6	124.3	0.68	
4	22	3 Eyl.	74.1	123.6	0.65	
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 493.8 mm	Toplam yağış		: 446.7 mm	
Toplam net sulama suyu miktarı		: 296.3 mm	Etkili yağış		: 411.8 mm	
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 34.9 mm	
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 2.0 mm	Gerçek sulama			
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi			: 695.7 mm	suyu ihtiyacı		: 283.9 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 92.2	

Tablo 4. 20. Normal Yıl İçin Çayır Üçgülü Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Ç.Üçgülü				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	51	16 Haz.	32.5	54.1	0.12
2	16	2 Tem.	35.6	59.3	0.43
3	13	15 Tem.	33.7	56.2	0.50
4	11	26 Tem.	33.0	55.1	0.58
5	11	7 Ağs.	34.2	57.0	0.60
6	10	17 Ağs.	34.7	57.8	0.67
7	12	29 Ağs.	35.1	58.5	0.56
8	14	13 Eyl.	33.8	56.3	0.47
9	20	3 Eki.	32.1	53.5	0.31
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 507.9 mm	Toplam yağış		: 446.7 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 304.7 mm	Etkili yağış		: 323.4 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 123.3 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 2.4 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 624.2 mm	suyu ihtiyacı		: 300.7 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 72.4

Tablo 4. 21. Normal Yıl İçin Fiğ Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Fiğ					
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m			
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60			
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)						
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)	
1	42	7 Haz.	33.9	56.5	0.16	
2	9	16 Haz.	35.2	58.7	0.75	
3	7	23 Haz.	34.0	56.7	0.94	
4	7	1 Tem.	35.3	58.8	0.97	
5	6	6 Tem.	33.1	55.2	1.07	
6	7	13 Tem.	36.8	61.3	1.01	
7	7	20 Tem.	34.2	57.1	0.94	
Hasat		26 Tem.				
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 404.2 mm	Toplam yağış		: 156.7 mm	
Toplam net sulama suyu miktarı		: 242.5 mm	Etkili yağış		: 129.9 mm	
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 26.8 mm	
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 3.0 mm	Gerçek sulama			
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi			: 369.1 mm	suyu ihtiyacı		: 239.1 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 82.9	

Tablo 4. 22. Normal Yıl İçin Patates Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Patates				
Ekim tarihi	: 5 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	50	25 Haz.	45.2	75.3	0.17
2	11	6 Tem.	48.2	80.3	0.84
3	9	15 Tem.	50.9	84.8	1.09
4	8	23 Tem.	53.3	88.8	1.28
5	8	1 Aġs.	53.1	88.6	1.28
6	8	9 Aġs.	49.9	83.1	1.20
7	8	17 Aġs.	53.8	89.7	1.30
8	8	25 Aġs.	48.9	81.5	1.18
9	10	5 Eyl.	48.3	80.5	0.93
10	15	20 Eyl.	49.3	82.2	0.63
Hasat		11 Eki.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		:	834.7 mm	Toplam yağış	: 199.9 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		:	500.8 mm	Etkili yağış	: 186.7 mm
Toplam sulama suyu kaybı		:	0.0 mm	Top.yağış kaybı	: 13.1 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		:	17.6 mm	Gerçek sulama	
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		:	695.5 mm	suyu ihtiyacı	: 508.8 mm
Sulama programının etkinliği		:	% 100	Yağış etkinliği	: % 93.4

Tablo 4. 23. Normal Yıl için Şeker Pancarı Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Ş.Pancarı				
Ekim tarihi	: 5 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	68	13 Tem.	66.6	111.0	0.19
2	13	26 Tem.	70.8	118.1	1.05
3	11	7 Aġs.	77.2	128.6	1.35
4	9	16 Aġs.	72.6	120.9	1.56
5	10	26 Aġs.	73.8	123.0	1.42
6	12	8 Eyl.	74.1	123.4	1.19
7	17	25 Eyl.	74.3	123.9	0.84
Hasat	21	16 Eki.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı : 848.9 mm Toplam yağış : 208.2 mm					
Toplam net sulama suyu miktarı : 509.3 mm Etkili yağış : 198.8 mm					
Toplam sulama suyu kaybı : 0.0 mm Top.yağış kaybı : 9.5 mm					
Hasatta toprakta kalan su miktarı : 23.4 mm Gerçek sulama					
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi : 717.1 mm suyu ihtiyacı : 518.3 mm					
Sulama programının etkinliği : % 100 Yağış etkinliği : % 95.5					


Tablo 4. 24. Normal Yıl İçin Ayçiçeği Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Ayçiçeği				
Ekim tarihi	: 5 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	70	15 Tem.	113.2	188.6	0.31
2	22	7 Aġs.	120.3	200.6	1.06
3	22	29 Aġs.	116.8	194.6	1.02
Hasat		26 Eyl.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 583.7 mm	Toplam yağış		: 180.7 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 350.2 mm	Etkili yağış		: 180.7 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 0.0 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 48.7 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 565.2 mm	suyu ihtiyacı		: 384.6 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 100

Tablo 4. 25. Normal Yıl İçin Lahana Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Lahana				
Ekim tarihi	: 15 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	18	3 Haz.	13.1	21.8	0.14
2	10	13 Haz.	14.4	23.9	0.28
3	9	22 Haz.	15.2	25.3	0.32
4	8	1 Tem.	13.6	22.7	0.33
5	6	6 Tem.	15.1	25.1	0.48
6	5	11 Tem.	14.6	24.3	0.56
7	5	16 Tem.	15.5	25.9	0.60
8	5	21 Tem.	16.4	27.3	0.63
9	5	26 Tem.	16.9	28.2	0.65
10	5	1 Aġs.	17.0	28.3	0.66
11	4	5 Aġs.	13.5	22.6	0.65
12	4	9 Aġs.	13.5	22.6	0.65
13	3	12 Aġs.	12.8	21.3	0.82
14	4	16 Aġs.	14.0	23.4	0.68
15	4	20 Aġs.	14.0	23.4	0.68
16	5	25 Aġs.	15.8	26.4	0.61
17	5	1 Eyl.	15.8	26.4	0.61
18	5	5 Eyl.	13.2	22.0	0.51


Tablo 4.25' in Devamı

Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)	
19	5	10 Eyl.	13.2	22.0	0.51	
20	6	16 Eyl.	13.5	22.5	0.43	
21	6	22 Eyl.	13.4	22.3	0.43	
22	10	2 Eki.	14.1	23.5	0.27	
Hasat		26 Eki.				
						
Toplam brüt sulama suyu miktarı			: 531.1 mm	Toplam yağış		: 200.5 mm
Toplam net sulama suyu miktarı			: 318.7 mm	Etkili yağış		: 154.7 mm
Toplam sulama suyu kaybı			: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 45.8 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı			: 1.6 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi			: 468.6 mm	suyu ihtiyacı		: 313.9 mm
Sulama programının etkinliği			: % 100	Yağış etkinliği		: % 77.1

Tablo 4. 26. Normal Yıl İçin Bostan Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Bostan				
Ekim tarihi	: 15 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	42	27 Haz.	43.3	72.2	0.20
2	10	7 Tem.	46.4	77.4	0.90
3	9	16 Tem.	54.3	90.4	1.16
4	9	25 Tem.	54.9	91.5	1.18
5	8	3 Aġs.	53.1	88.5	1.28
6	8	11 Aġs.	53.4	89.1	1.29
7	8	19 Aġs.	50.8	84.6	1.22
8	10	29 Aġs.	50.8	84.6	0.98
Hasat		11 Eyl.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 678.2 mm	Toplam yağış		: 143.5 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 406.9 mm	Etkili yağış		: 125.8 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 17.7 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 33.4 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 556.6 mm	suyu ihtiyacı		: 430.8 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 87.7

Tablo 4. 27. Yağışlı Yıl İçin Kışlık Buğday Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: K.Buğday				
Ekim tarihi	: 15 Eylül	Kullanılabilir su tutma kapasitesi : 160 mm/m			
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı : % 60			
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	287	2 Haz.	72.3	120.5	0.05
Hasat		6 Ağs.			
					
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 120.5 mm	Toplam yağış		: 644.8 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 72.3 mm	Etkili yağış		: 389.5 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 255.4 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 7.7 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 455.1 mm	suyu ihtiyacı		: 65.6 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 60.4

Tablo 4. 28. Yağışlı Yıl İçin Arpa Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Arpa				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	71	6 Tem.	74.2	123.6	0.20
Hasat		6 Ağs.			
<p>Toplam brüt sulama suyu miktarı : 123.6 mm Toplam yağış : 248.4 mm</p> <p>Toplam net sulama suyu miktarı : 74.2 mm Etkili yağış : 224.0 mm</p> <p>Toplam sulama suyu kaybı : 0.0 mm Top.yağış kaybı : 24.3 mm</p> <p>Hasatta toprakta kalan su miktarı : 64.8 mm Gerçek sulama</p> <p>Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi : 348.6 mm suyu ihtiyacı : 124.6 mm</p> <p>Sulama programının etkinliği : % 100 Yağış etkinliği : % 90.2</p>					

Tablo 4. 29. Yağışlı Yıl İçin Yulaf Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Yulaf				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	58	23 Haz.	77.5	129.1	0.26
2	14	7 Tem.	77.3	128.8	1.06
3	12	19 Tem.	74.6	124.4	1.20
Hasat		16 Ağs.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı : 382.3 mm Toplam yağış : 260.8 mm					
Toplam net sulama suyu miktarı : 229.4 mm Etkili yağış : 215.8 mm					
Toplam sulama suyu kaybı : 0.0 mm Top.yağış kaybı : 45.0 mm					
Hasatta toprakta kalan su miktarı : 64.2 mm Gerçek sulama					
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi : 495.0 mm suyu ihtiyacı : 279.2 mm					
Sulama programının etkinliği : % 100 Yağış etkinliği : % 82.7					

Tablo 4. 30. Yağışlı Yıl İçin Yonca Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Yonca				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği	: Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)				
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	77	12 Tem.	74.0	123.3	0.19
2	25	7 Aġs.	74.5	124.1	0.57
3	24	1 Eyl.	72.9	121.5	0.59
Toplam brüt sulama suyu miktarı	: 368.9 mm		Toplam yağış	: 696.3 mm	
Toplam net sulama suyu miktarı	: 221.4 mm		Etkili yağış	: 486.7 mm	
Toplam sulama suyu kaybı	: 0.0 mm		Top.yağış kaybı	: 209.5 mm	
Hasatta toprakta kalan su miktarı	: 2.0 mm		Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi	: 695.7 mm		suyu ihtiyacı	: 208.9 mm	
Sulama programının etkinliği	: % 100		Yağış etkinliği	: % 69.9	

Tablo 4. 31. Yağışlı Yıl İçin Çayır Üçgülü Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Ç.Üçgülü				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	67	2 Tem.	34.9	58.1	0.10
2	15	17 Tem.	34.8	57.9	0.45
3	13	1 Ağs.	34.8	58.0	0.52
4	12	12 Ağs.	32.1	53.5	0.52
5	14	26 Ağs.	34.5	57.6	0.48
6	17	13 Eyl.	34.6	57.6	0.39
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 342.7 mm	Toplam yağış		: 696.3 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 205.6 mm	Etkili yağış		: 422.5 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 273.7 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 2.4 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 624.2 mm	suyu ihtiyacı		: 201.6 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 60.7

Tablo 4. 32. Yağışlı Yıl İçin Fiğ Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Fiğ				
Ekim tarihi	: 25 Nisan	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	48	13 Haz.	37.0	61.6	0.15
2	9	22 Haz.	36.7	61.1	0.79
3	9	1 Tem.	38.3	63.8	0.82
4	8	9 Tem.	33.4	55.6	0.80
5	8	17 Tem.	37.5	62.5	0.90
Hasat		26 Tem.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 304.6 mm	Toplam yağış		: 234.5 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 182.7 mm	Etkili yağış		: 176.2 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 58.4 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 16.6 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 369.1 mm	suyu ihtiyacı		: 192.9 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 75.1

Tablo 4. 33. Yağışlı Yıl İçin Patates Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Patates				
Ekim tarihi	: 5 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi : 160 mm/m			
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı : % 60			
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	56	1 Tem.	49.5	82.5	0.17
2	11	12 Tem.	52.3	87.1	0.92
3	9	21 Tem.	50.3	83.8	1.08
4	9	1 Ağs.	49.9	83.2	1.07
5	9	9 Ağs.	51.0	85.1	1.09
6	8	17 Ağs.	51.0	84.9	1.23
7	9	26 Ağs.	52.1	86.9	1.12
8	13	9 Eyl.	49.1	81.8	0.73
Hasat		11 Eki.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 675.3 mm	Toplam yağış		: 317.1 mm
Toplam net sulama suyu miktarı		: 405.2 mm	Etkili yağış		: 271.6 mm
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm	Top.yağış kaybı		: 45.6 mm
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 28.4 mm	Gerçek sulama		
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 695.5 mm	suyu ihtiyacı		: 424.0 mm
Sulama programının etkinliği		: % 100	Yağış etkinliği		: % 85.6

Tablo 4. 34. Yağışlı Yıl İçin Şeker Pancarı Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Ş.Pancarı				
Ekim tarihi	: 5 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi : 160 mm/m			
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı : % 60			
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	76	21 Tem.	72.8	121.4	0.18
2	12	3 Ağs.	72.5	120.9	1.17
3	10	13 Ağs.	76.0	126.7	1.47
4	10	23 Ağs.	76.8	128.0	1.48
5	12	5 Eyl.	74.6	124.3	1.20
6	17	22 Eyl.	75.5	125.8	0.86
Hasat		16 Eki.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı			: 747.2 mm	Toplam yağış : 330.8 mm	
Toplam net sulama suyu miktarı			: 448.3 mm	Etkili yağış : 270.2 mm	
Toplam sulama suyu kaybı			: 0.0 mm	Top.yağış kaybı : 60.6 mm	
Hasatta toprakta kalan su miktarı			: 12.9 mm	Gerçek sulama	
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi			: 717.1 mm	suyu ihtiyacı : 446.8 mm	
Sulama programının etkinliği			: % 100	Yağış etkinliği : % 81.7	

Tablo 4. 35. Yağışlı Yıl İçin Ayçiçeği Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı		: Ayçiçeği			
Ekim tarihi		: 5 Mayıs		Kullanılabilir su tutma kapasitesi : 160 mm/m	
Toprak bünyesi		: Kil		Tarla su uygulama randımanı : % 60	
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	80	25 Tem.	116.0	193.3	0.28
2	22	17 Ağs.	115.2	192.0	1.01
Hasat		26 Eyl.			
Toplam brüt sulama suyu miktarı		: 385.3 mm		Toplam yağış : 285.2 mm	
Toplam net sulama suyu miktarı		: 231.2 mm		Etkili yağış : 259.8 mm	
Toplam sulama suyu kaybı		: 0.0 mm		Top.yağış kaybı : 25.3 mm	
Hasatta toprakta kalan su miktarı		: 88.6 mm		Gerçek sulama	
Bitki tarafından kullanılan gerçek su tüketimi		: 565.2 mm		suyu ihtiyacı : 305.4 mm	
Sulama programının etkinliği		: % 100		Yağış etkinliği : % 91.1	

Tablo 4. 36. Yağışlı Yıl İçin Lahana Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı		: Lahana			
Ekim tarihi		: 15 Mayıs		Kullanılabilir su tutma kapasitesi : 160 mm/m	
Toprak bünyesi		: Kil		Tarla su uygulama randımanı : % 60	
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	18	3 Haz.	13.1	21.8	0.14
2	10	13 Haz.	14.4	23.9	0.28
3	9	22 Haz.	13.6	22.6	0.29
4	9	1 Tem.	13.6	22.7	0.29
5	6	7 Tem.	14.0	23.4	0.45
6	4	11 Tem.	14.6	24.3	0.70
7	6	17 Tem.	16.3	27.2	0.53
8	4	21 Tem.	16.4	27.3	0.79
9	5	26 Tem.	13.8	23.0	0.53
10	5	1 Aġs.	16.9	28.2	0.65
11	5	6 Aġs.	14.8	24.7	0.57
12	4	10 Aġs.	12.8	21.4	0.62
13	5	15 Aġs.	15.4	25.7	0.60
14	5	20 Aġs.	15.4	25.7	0.60
15	5	25 Aġs.	12.9	21.5	0.50
16	5	1 Eyl.	12.9	21.5	0.50
17	6	6 Eyl.	13.6	22.6	0.44
18	5	11 Eyl.	13.1	21.8	0.50
19	9	20 Eyl.	13.3	22.2	0.29
Hasat		26 Eki.			

Tablo 4.36' nın Devamı

Toplam brüt sulama suyu miktarı	: 451.7 mm	Toplam yağış	: 321.7 mm
Toplam net sulama suyu miktarı	: 271.0 mm	Etkili yağış	: 202.3 mm
Toplam sulama suyu kaybı	: 0.0 mm	Top.yağış kaybı	: 119.3 m
Hasatta toprakta kalan su miktarı	: 1.6 mm	Gerçek sulama	
Bitki tarafından kull. ger. su tük.	: 468.6 mm	suyu ihtiyacı	: 266.2 mm
Sulama programının etkinliği	: % 100	Yağış etkinliği	: % 62.9

Tablo 4. 37. Yağışlı Yıl İçin Bostan Sulama Zamanı Planlaması

Bitki Adı	: Bostan				
Ekim tarihi	: 15 Mayıs	Kullanılabilir su tutma kapasitesi	: 160 mm/m		
Toprak bünyesi	: Kil	Tarla su uygulama randımanı	: % 60		
Sulama seçeneği : Toprakta tüketilmesine izin verilen suyun tamamı tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar sulama uygulaması (optimum sulama koşulu)					
Sulama No.	Sulama aralığı (gün)	Sulama tarihi	Uygulanan net sulama suyu miktarı (mm)	Uygulanan brüt sulama suyu miktarı (mm)	Sürekli akış (l/s/ha)
1	48	3 Tem.	48.9	81.5	0.20
2	10	13 Tem.	51.4	85.6	0.99
3	8	21 Tem.	48.1	80.1	1.16
4	9	1 Ağs.	49.9	83.2	1.07
5	9	9 Ağs.	51.0	85.1	1.09
6	8	17 Ağs.	51.0	84.9	1.23
7	9	26 Ağs.	48.6	81.0	1.04
Toplam brüt sulama suyu miktarı	: 581.5 mm		Toplam yağış	: 226.7 mm	
Toplam net sulama suyu miktarı	: 348.9 mm		Etkili yağış	: 178.7 mm	
Toplam sulama suyu kaybı	: 0.0 mm		Top.yağış kaybı	: 48.0 mm	
Hasatta toprakta kalan su miktarı	: 38.6 mm		Gerçek sulama		
Bitki tarafından kull. ger. su tük.	: 556.6 mm		suyu ihtiyacı	: 377.9 mm	
Sulama programının etkinliği	: % 100		Yağış etkinliği	: % 78.8	

Şeker pancarında Oral (1974) tarafından yapılan çalışmada da, mevsimlik su tüketiminin 530-570 mm civarında olduğu, toprakta faydalı nem % 25 ile % 50' ye düştüğünde sulama yapılması durumunda daha fazla verim alındığı ve 9-15 gün ara ile 5-8 sulamanın yapılabileceği belirtilmiştir.

Çomaklı (1991), Erzurum koşullarında çayır üçgölünde yaptığı sulama denemesinde, su tüketiminin 700 mm olduğunu, toprakta faydalı suyun % 50' si tüketildiğinde sulama yapılması durumunda daha fazla verim alındığını belirtmiş ve 8-10 gün ara ile sulama yapılmasını önermiştir.

Padem (1989), Erzurum koşullarında lahanada yaptığı sulama denemesinde, toprakta faydalı suyun % 20' si kullanıldığında sulama yapılması durumuna göre, 4-6 günde bir sulamanın yapılması gerektiğini belirtmiş ve lahananın mevsimlik su tüketimini de 475 mm olarak belirlemiştir.

Özer (1990) tarafından ifade edildiği gibi, sulama suyu proje ömrü içerisinde kritik kurak yıllar boyunca maksatları karşılayacak seviyede, hiç olmazsa zamanın belirli bir yüzdesinde ihtiyaçları karşılayabilecek seviyede olmalıdır. İşte bu noktadan hareketle şebekeden çekilmesi gerekli su miktarları kurak, normal ve yağışlı yıllar için aylık olarak tek tek hesaplanmış ve Tablo 4.38' de verilmiştir. Bu tabloda ayrıca aylık olarak bitkilerin sulama suyu tüketim değerleri de (mm) yer almaktadır. Gerekli su miktarının belirlenmesinde tüm yıl yerine, genel olarak bitki yetiştiriciliğinin başladığı, yoğunlaştığı ve sona erdiği dönemler olan nisan-ekim dönemi göz önüne alınmıştır.

Tablo 4.38' deki ana sulama şebekesinden çekilmesi gerekli su miktarları değerleri bitki deseninin bir hektarlık alanı için verilmiştir. Bu miktarlardan yararlanılarak ekilen toplam alana bağlı olarak sulama suyu ihtiyacı belirlenebilir.

Tablo 4.38' deki değerlerin incelenmesinden görülebileceği gibi ana sulama şebekesinden çekilecek sulama suyu miktarı kurak yılda diğer yıllara göre daha fazladır. Aylar itibariyle kurak yılda sulama suyu ihtiyaçları, normal ve yağışlı yıllara göre sırasıyla nisan ayında 2.67, 8.07, mayıs ayında 2.15, 7.16, haziran ayında 1.27, 1.72, temmuz ayında 1.15, 1.35, ağustos ayında 1.12, 1.27, eylül ayında 1.25, 1.58 ve ekim ayında ise 3.20, 15.97 kat daha fazla olmuştur. Maksimum sulama suyu ihtiyaçları temmuz ayında olmuştur. Yalnız özellikle temmuz ve ağustos aylarında her üç yıl için de değerler bitki su tüketimlerine bağlı olarak en fazla olup, aralarındaki farkta diğer aylara göre daha düşük olmuştur. Bu durum ise hangi yıl olursa olsun bu dönemlerde genel olarak Erzurum' a fazla yağış düşmeşişinden kaynaklanabilir. En düşük sulama suyu ihtiyacı değerleri de kurak, normal ve yağışlı yılların tümünde nisan ve ekim

aylarında olmuştur. Tablo 4.38' de bu aylarda su tüketimlerinin de düşük olduğu görülmektedir.

Tüm sezon için şebekeden alınacak sulama suyu miktarları ise kurak yıl için 5223.54 m³/ha, normal yıl için 4082.87 m³/ha yağışlı yıl için ise 3211.98 m³/ha' dır. Dolayısıyla tüm sezon için kurak yılda normal yıldan % 27.94, yağışlı yıldan ise % 62.63 daha fazla sulama suyu tüketimi olacaktır. Bu değerlere göre DSI planlamasındaki ana kanal çıkış debisi dikkate alındığında, kurak dönemlerdeki sulama suyu ihtiyacının da karşılanabileceği söylenebilir (Anon., 1993e).

Tablo 4. 38. Aylık Sulama Suyu Gereksinimleri

Aylar	Derinlik Olarak, mm			Birim Alana Hacim Olarak, m ³ /ha		
	Kurak yıl	Normal yıl	Yağışlı yıl	Kurak yıl	Normal yıl	Yağışlı yıl
Nisan	8	3	1	94.09	35.25	11.66
Mayıs	43	20	6	505.95	235.43	70.71
Haziran	84	66	49	988.33	776.56	576.46
Temmuz	128	111	95	1505.80	1305.99	1117.70
Ağustos	105	94	83	1235.28	1105.91	976.54
Eylül	60	48	38	705.80	564.80	447.12
Ekim	16	5	1	188.29	58.93	11.79
Toplam	444	347	273	5223.54	4082.87	3211.98

4. 10. Karık ve Uzun Tava Boyutları

Araştırma alanı topraklarında sulu tarım yapılabilecek alanlarda mevcut eğimlere göre, % 3' e kadar eğim doğrultusunda ve % 0.1' de tesviye eğrilerine aşağı yukarı paralel kontur karıklar için eğimler göz önüne alınarak, farklı karıklar arası uzaklık ve bitki kök derinlikleri için hesaplanan V kesitli karık uzunlukları Tablo 4.39' da verilmiştir.

Tarımsal mekanizasyon açısından karıkların mümkün olduğu kadar uzun olmasının, işgücü ihtiyacını ve sistem maliyetini azalttığı, fakat uygulama randımanı ve üniformite açısından da kısa karıkların daha uygun olduğu James (1988) ile Wilke ve Smerdon (1969) tarafından ifade edilmiştir. Hansen, et al., (1979), karık uzunluklarının tarla bitkilerinde 500 m, bahçe bitkilerinde ise 25 m

veya daha az olabileceğini ifade etmişlerdir. Buradan hareketle, çalışmada karık uzunlukları 10 m ile sınırlandırılmıştır.

Tablo 4. 39. Karık Uzunlukları (m)

Profil No	Karık aralığı, m	K Ö K D E R İ N L İ Ğ İ														
		40 cm					60 cm					90 cm				
		e ğ i m , %					e ğ i m , %					e ğ i m , %				
		0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3
1	0.60	100	45	26	14	10	139	53	29	15	10					
	0.80	90	36	20	11		122	42	23	12						
	1.00	82	30	17			108	34	18							
	1.20	75	26	14			97	29	15							
2	0.60	101	46	27	14	10	153	58	32	17	11	211	69	37	19	13
	0.80	91	37	21	11		134	46	25	13		179	54	28	15	10
	1.00	83	31	17			119	38	20	10		156	44	23	12	
	1.20	76	26	14			107	32	17			138	37	19	10	
3	0.60	115	54	31	17	12	162	65	36	19	13	224	76	41	21	14
	0.80	104	43	24	13		143	51	28	14	10	191	59	31	16	11
	1.00	95	36	20	11		128	42	23	12		167	48	25	13	
	1.20	87	31	17			116	36	19	10		148	41	21	11	
4	0.60	56	25	15			81	31	17			110	36	20	10	
	0.80	50	20	11			71	24	13			94	28	15		
	1.00	46	17				63	20	11			81	23	12		
	1.20	42	15				57	17				72	20	10		
5	0.60	168	72	41	22	15	257	94	51	27	18	371	118	63	32	22
	0.80	150	57	32	17	11	222	73	39	20	14	313	91	48	24	16
	1.00	136	48	26	14		196	60	32	16	11	271	74	39	20	13
	1.20	124	41	22	11		176	51	27	14		238	63	32	16	11
6	0.60	117	51	29	16	11	170	63	35	18	12	248	79	42	22	15
	0.80	104	41	23	12		148	50	27	14		209	61	32	16	11
	1.00	94	34	18	10		131	41	22	11		181	50	26	13	
	1.20	86	29	16			118	35	18			159	42	22	11	

Tablo 4. 39. Karık Uzunlukları (m)

Profil No	Karık aralığı, m	K Ö K D E R İ N L İ Ğ İ														
		40 cm					60 cm					90 cm				
		e ğ i m , %					e ğ i m , %					e ğ i m , %				
		0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3
7	0.60	203	86	49	26	18	290	105	57	30	20	399	125	67	34	23
	0.80	181	68	37	20	13	251	82	44	23	15	336	97	51	26	17
	1.00	163	56	31	16	11	221	67	35	18	12	290	79	41	21	14
	1.20	148	48	26	13		197	57	30	15	10	255	66	34	17	12
8	0.60	126	54	31	16	11	179	65	35	18	12	234	75	40	21	14
	0.80	113	43	24	12		155	51	27	14		197	58	30	15	10
	1.00	102	35	19	10		137	41	22	11		171	47	24	12	
	1.20	92	30	16			122	35	18			150	40	20	10	
9	0.60	87	39	23	12		134	51	28	15	10	198	64	34	18	12
	0.80	78	32	18			117	40	22	11		167	49	26	13	
	1.00	71	26	14			104	33	17			145	40	21	11	
	1.20	65	23	12			93	28	15			128	34	18		
10	0.60	65	30	17			93	36	20	11		126	42	23	12	
	0.80	58	24	13			82	28	15			107	33	17		
	1.00	53	20	11			73	23	12			93	27	14		
	1.20	49	17				65	20	10			83	23	12		
11	0.60	176	73	41	22		275	97	52	27		415	126	67	34	
	0.80	156	58	32	17		237	75	40	21		347	97	51	26	
	1.00	140	48	26	13		208	62	32	17		298	79	41	21	
	1.20	127	41	22	11		185	52	27	14		261	66	34	17	
12	0.60	158	65	37	19	13	226	80	43	23	15	302	94	50	26	17
	0.80	140	52	28	15	10	195	62	33	17	12	254	73	38	19	13
	1.00	126	43	23	12		171	51	27	14		219	59	31	16	10
	1.20	114	36	19	10		153	43	23	12		192	50	26	13	
13	0.60	121	51	29	15		184	66	36	19		260	81	43	22	
	0.80	108	40	22	12		159	51	27	14		219	63	33	17	
	1.00	97	33	18			140	42	22	11		189	51	27	14	
	1.20	88	28	15			125	36	19	10		166	43	22	11	

Tablo 4. 39. Karık Uzunlukları (m)

Profil No	Karık aralığı, m	K Ö K D E R İ N L İ Ğ İ														
		40 cm					60 cm					90 cm				
		e ğ i m , %					e ğ i m , %					e ğ i m , %				
		0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3
14	0.60	99	45	26	14	10	143	55	30	16	11	189	63	34	17	12
	0.80	90	36	20	11		125	43	23	12		161	49	26	13	
	1.00	82	30	17			111	35	19	10		140	40	21	11	
	1.20	75	26	14			100	30	16			124	34	17		
15	0.60	135	56	32	17	12	192	68	37	19	13	244	78	42	22	15
	0.80	120	45	25	13		166	53	28	15	10	206	60	32	16	11
	1.00	108	37	20	10		146	44	23	12		178	49	26	13	
	1.20	98	31	17			130	37	19	10		157	41	21	11	
16	0.60	80	34	19	10		115	41	22	12		151	48	25	13	
	0.80	71	27	15			100	32	17			127	37	19	10	
	1.00	64	22	12			88	26	14			110	30	16		
	1.20	58	19	10			78	22	12			97	25	13		
17	0.60	74	33	19	10		106	40	22	11		144	46	24	13	
	0.80	66	26	15			92	31	17			121	35	19	10	
	1.00	60	22	12			82	25	14			105	29	15		
	1.20	55	19	10			73	22	11			92	24	13		
18	0.60	54	25	15			78	31	17			108	36	20	10	
	0.80	49	20	12			68	24	13			92	28	15		
	1.00	45	17				61	20	11			80	23	12		
	1.20	41	15				55	17				71	19	10		
19	0.60	55	25	14			78	30	17							
	0.80	50	20	11			68	23	13							
	1.00	45	17				60	19	10							
	1.20	41	14				54	16								
20	0.60	59	28	16			84	33	19	10		113	38	21	11	
	0.80	54	22	13			74	26	14			96	30	16		
	1.00	49	19	10			66	22	12			84	24	13		
	1.20	45	16				60	18	10			75	21	11		

Tablo 4. 39. Karık Uzunlukları (m)

Profil No	Karık aralığı, m	K Ö K D E R İ N L İ Ğ İ														
		40 cm					60 cm					90 cm				
		e ğ i m , %					e ğ i m , %					e ğ i m , %				
		0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3
21	0.60	80	34	20	10		114	42	23	12		156	50	27	14	
	0.80	71	27	15			99	33	18			132	39	20	10	
	1.00	64	23	12			88	27	14			114	32	16		
	1.20	59	19	10			79	23	12			101	27	14		
22	0.60	136	54	30	16		196	67	36	19		271	81	43	22	
	0.80	120	42	23	12		168	52	28	14		226	62	32	17	
	1.00	107	35	19	10		147	42	22	11		193	51	26	13	
	1.20	97	30	16			130	36	19	10		169	43	22	11	
23	0.60	153	67	38	20		227	83	45	24		321	100	53	27	
	0.80	137	53	30	16		197	65	35	18		269	77	40	21	
	1.00	124	44	24	13		174	53	28	14		232	63	33	17	
	1.20	113	38	20	11		156	45	24	12		204	53	27	14	
24	0.60	124	55	31	17		177	65	36	19		244	77	41	21	
	0.80	112	44	24	13		153	51	27	14		205	59	31	16	
	1.00	101	36	20	10		136	42	22	11		177	48	25	13	
	1.20	92	31	17			122	36	19	10		156	41	21	11	
25	0.60	38	17	10			54	20	11			71	23	13		
	0.80	34	14				47	16				60	18	10		
	1.00	31	11				42	13				52	15			
	1.20	28	10				37	11				46	13			
26	0.60	74	32	18	10		102	38	21	11						
	0.80	66	25	14			89	30	16							
	1.00	59	21	11			79	24	13							
	1.20	54	18	10			70	21	11							
27	0.60	32	15				46	18	10			63	21	11		
	0.80	29	12				40	14				54	17			
	1.00	26	10				36	12				47	14			
	1.20	24					33	10				42	11			

Tablo 4. 39. Karık Uzunlukları (m)

Profil No	Karık aralığı, m	K Ö K					D E R İ N L İ Ğ İ									
		40 cm					60 cm					90 cm				
		e ğ i m , %					e ğ i m , %					e ğ i m , %				
		0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3
28	0.60	63	29	17			89	35	19	10		126	42	22	12	
	0.80	56	23	13			78	27	15			107	32	17		
	1.00	52	19	11			70	23	12			93	26	14		
	1.20	47	17				63	19	10			82	22	12		
29	0.60	43	20	11			61	24	13			83	28	15		
	0.80	39	16				54	19	10			71	22	12		
	1.00	36	13				48	15				62	18			
	1.20	33	11				43	13				55	15			
30	0.60	54	24	14			75	29	16			98	33	18		
	0.80	49	20	11			65	23	12			84	25	13		
	1.00	44	16				58	19	10			73	21	11		
	1.20	40	14				52	16				64	17			
31	0.60	41	19	11			57	23	13							
	0.80	37	16				50	18	10							
	1.00	34	13				45	15								
	1.20	31	11				41	13								
32	0.60	37	17	10			52	20	11			71	24	13		
	0.80	33	14				46	16				60	19	10		
	1.00	30	11				41	13				53	15			
	1.20	28	10				37	11				47	13			
33	0.60	48	22	13			68	26	14			91	30	16		
	0.80	43	17	10			59	20	11			77	23	12		
	1.00	39	15				53	17				67	19	10		
	1.20	36	12				48	14				59	16			
35	0.60	70	32	19	10		97	38	21	11		131	44	24	12	
	0.80	63	26	14			85	30	16			112	34	18		
	1.00	58	21	12			76	24	13			97	28	14		
	1.20	53	18	10			68	21	11			86	23	12		

Tablo 4. 39. Karık Uzunlukları (m)

Profil No	Karık aralığı, m	K Ö K D E R İ N L İ Ğ İ														
		40 cm					60 cm					90 cm				
		e ğ i m , %					e ğ i m , %					e ğ i m , %				
		0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3
36	0.60	42	19	11			61	23	13			86	28	15		
	0.80	38	15				53	18	10			73	22	12		
	1.00	34	13				47	15				63	18			
	1.20	31	11				43	13				56	15			
37	0.60	50	23	13			74	28	16			100	33	18		
	0.80	45	18	10			65	22	12			85	26	14		
	1.00	41	15				57	18	10			74	21	11		
	1.20	38	13				52	15				66	18			
38	0.60	97	41	24			141	51	28			193	60	32		
	0.80	86	33	18			122	38	21			162	46	24		
	1.00	78	27	15			107	32	17			140	38	19		
	1.20	71	23	12			96	27	14			123	32	16		
39	0.60	74	34	19	10		106	41	23	12		149	50	27	14	
	0.80	67	27	15			93	32	18			127	38	20	10	
	1.00	61	22	12			83	27	14			110	31	16		
	1.20	56	19	10			74	23	12			98	27	14		
40	0.60	97	43	24	13		139	51	28	15	10	183	58	31	16	11
	0.80	87	34	19	10		120	40	21	11		155	45	24	12	
	1.00	79	28	15			106	33	17			134	37	19	10	
	1.20	72	24	13			95	28	15			118	31	16		
41	0.60	114	51	29	16	11	167	63	35	18	12	225	74	39	20	14
	0.80	102	41	23	12		146	49	26	14		191	57	30	15	10
	1.00	93	34	18	10		129	40	21	11		166	46	24	12	
	1.20	85	29	16			116	34	18			146	39	20	10	
42	0.60	66	31	18	10		98	39	22	11		136	47	25	13	
	0.80	60	25	14			87	31	17			117	36	19	10	
	1.00	55	21	12			77	25	14			102	30	16		
	1.20	50	18	10			70	21	11			91	25	13		

Tablo 4. 39. Karık Uzunlukları (m)

Profil No	Karık aralığı, m	K Ö K D E R İ N L İ Ğ İ														
		40 cm					60 cm					90 cm				
		e ğ i m , %					e ğ i m , %					e ğ i m , %				
		0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3	0.1	0.5	1	2	3
45	0.60	65	30	17			93	36	20	10		128	43	23	12	
	0.80	58	24	13			82	28	15			109	33	17		
	1.00	53	20	11			73	23	12			95	27	14		
	1.20	49	17				65	20	10			84	23	12		
47	0.60	65	30	17			90	35	19	10		117	39	21	11	
	0.80	58	24	13			79	27	15			99	30	16		
	1.00	53	20	11			70	22	12			86	25	13		
	1.20	49	17				63	19	10			77	21	11		
48	0.60	83	38	22	12		123	48	27	14	10	184	60	32	17	11
	0.80	75	31	17			108	38	21	11		156	47	25	13	
	1.00	68	26	14			97	31	17			136	38	20	10	
	1.20	63	22	12			87	27	14			120	32	17		

Tablo 4.39' daki değerler incelendiğinde karık uzunluklarının, aynı karık aralığı için eğim arttıkça paralelinde debi azaldıkça azaldığı görülmektedir. Yine aynı eğimde veya debi değerinde, karık aralığı arttıkça karık uzunluğu azalmaktadır. Bu durumda aynı karık debisi veya eğimde, karık aralığı azaltılarak karık uzunluğu artırılabilir gibi kontur karık uygulaması ile daha fazla uzunluklar elde edilebilir.

Karık uzunluklarının fazla olmayışı ova topraklarının yüksek infiltrasyon hızına sahip olmalarıyla açıklanabilir. Bu konuda James (1988), infiltrasyon hızı yüksek topraklarda zaten ihtiyaç duyulan karık uzunluklarının nisbeten kısa olduğunu ifade etmiştir.

Profillerin açıldığı bitki yetiştiriciliğine uygun alanlarda mevcut eğimler göz önüne alınarak, % 3' e kadar eğime göre maksimum ve minimum debiler, manning pürüzlülük katsayıları için 0.10 ve 0.15 değerleri, 40 cm, 60 cm, 90 cm kök derinlikleri dikkate alınarak hesaplanan tava uzunlukları ile Yıldırım' a (1993) göre, belirlenen tava genişlikleri Tablo 4.40' da verilmiştir. Farklı manning

pürüzlülük katsayılarına göre belirlenen tava uzunlukları bir birine çok yakın hatta, artan eğimlerde benzer olduğundan Tablo 4.40' da sadece 0.10 için hesaplanan değerler verilmiştir.

Tablo 4.40. Tava Uzunlukları (m)

Profil No	Kök Derinliği, cm	Eğim, %											
		0.5		1.0		1.5		2.0		2.5		3.0	
		Tava genişliği, m											
		15		15		12		12		9		9	
		Uygulanan birim debi, l/s/m											
		9.37	0.26	5.57	0.37	4.11	0.45	3.31	0.52	2.80	0.59	2.44	0.64
1	40	89	3	58	4	43	5	35	6	30	6	26	7
	60	101	3	63	4	47	5	38	6	32	7	28	7
	90												
2	40	91	3	59	4	44	5	36	6	30	6	27	7
	60	110	3	69	5	51	6	41	7	35	7	31	8
	90	127	4	78	5	58	6	47	7	39	8	34	9
3	40	110	3	70	5	53	6	43	7	36	8	32	8
	60	125	4	78	5	58	6	47	7	40	8	35	9
	90	141	4	86	6	64	7	52	8	44	9	38	10
4	40	45	1	32	2	24	3	20	3	17	4	15	4
	60	56	2	36	2	27	3	22	3	19	4	16	4
	90	65	2	40	3	30	3	24	4	21	4	18	5
5	40	145	4	90	6	67	7	54	9	46	10	40	11
	60	179	5	109	7	81	9	65	10	55	12	48	13
	90	217	6	131	9	97	11	78	12	66	14	58	15
6	40	100	3	64	4	48	5	39	6	33	7	29	8
	60	120	3	74	5	55	6	44	7	38	8	33	9
	90	143	4	87	6	65	7	52	8	44	9	38	10
7	40	172	5	106	7	79	9	64	10	54	11	47	12
	60	200	6	121	8	90	10	73	11	61	13	54	14
	90	230	6	138	9	102	11	82	13	70	15	61	16

Tablo 4.40. Tava Uzunlukları (m)

Profil No	Kök Derinliği, cm	Eğim, %											
		0.5		1.0		1.5		2.0		2.5		3.0	
		Tava genişliği, m											
		15		15		12		12		9		9	
		Uygulanan birim debi, l/s/m											
		9.37	0.26	5.57	0.37	4.11	0.45	3.31	0.52	2.80	0.59	2.44	0.64
8	40	105	3	66	4	50	5	40	6	34	7	30	8
	60	122	3	75	5	56	6	45	7	38	8	33	9
	90	136	4	83	6	61	7	49	8	42	9	36	10
9	40	76	2	50	3	37	4	30	5	26	5	23	6
	60	95	3	59	4	44	5	36	6	30	6	26	7
	90	115	3	70	5	52	6	42	7	36	8	31	8
10	40	55	2	37	3	28	3	23	4	20	4	17	5
	60	66	2	42	3	32	3	26	4	22	5	19	5
	90	75	2	47	3	35	4	28	4	24	5	21	5
11	40	144	4	89	6	66	7	54	8				
	60	182	5	111	7	82	9	66	10				
	90	229	6	138	9	102	11	82	13				
12	40	128	4	80	5	59	7	48	8	41	9	35	9
	60	150	4	92	6	68	7	55	9	46	10	41	11
	90	172	5	104	7	77	8	62	10	52	11	46	12
13	40	98	3	62	4	46	5	38	6				
	60	122	3	75	5	56	6	45	7				
	90	148	4	90	6	66	7	54	8				
14	40	90	3	58	4	44	5	35	6	30	6	26	7
	60	104	3	65	4	48	5	39	6	33	7	29	8
	90	115	3	70	5	52	6	42	7	36	8	31	8
15	40	110	3	69	5	51	6	42	7	35	7	31	8
	60	128	4	79	5	58	6	47	7	40	8	35	9
	90	142	4	86	6	64	7	52	8	44	9	38	10
16	40	62	2	41	3	31	3	25	4				
	60	75	2	47	3	35	4	28	4				
	90	85	2	52	3	39	4	31	5				

Tablo 4.40. Tava Uzunlukları (m)

Profil No	Kök Derinliği, cm	Eğim, %											
		0.5		1.0		1.5		2.0		2.5		3.0	
		Tava genişliği, m											
		15		15		12		12		9		9	
		Uygulanan birim debi, l/s/m											
		9.37	0.26	5.57	0.37	4.11	0.45	3.31	0.52	2.80	0.59	2.44	0.64
17	40	62	2	41	3	31	3	25	4	22	5	19	5
	60	73	2	46	3	34	4	28	4	24	5	21	5
	90	82	2	51	3	38	4	30	5	26	5	22	6
18	40	45	2	32	2	24	3	20	3	17	4	15	4
	60	55	2	36	2	27	3	22	3	19	4	16	4
	90	64	2	40	3	30	3	24	4	21	4	18	5
19	40	43	1	31	2	23	3	19	3	16	3	14	4
	60	53	2	35	2	26	3	21	3	18	4	16	4
	90												
20	40	51	2	36	2	27	3	22	3	19	4	16	4
	60	61	2	39	3	30	3	24	4	20	4	18	5
	90	68	2	43	3	32	4	26	4	22	5	19	5
21	40	64	2	42	3	32	4	26	4	22	5	19	5
	60	77	2	49	3	36	4	29	5	25	5	22	6
	90	90	3	55	4	41	5	33	5	28	6	25	6
22	40	103	3	64	4	48	5	39	6				
	60	123	4	75	5	56	6	45	7				
	90	145	4	88	6	65	7	53	8				
23	40	135	4	84	6	63	7	51	8				
	60	158	4	97	6	72	8	58	9				
	90	183	5	110	7	82	9	66	10				
24	40	109	3	69	5	52	6	42	7				
	60	124	4	76	5	57	6	46	7				
	90	140	4	85	6	63	7	51	8				

Tablo 4.40. Tava Uzunlukları (m)

Profil No	Kök Derinli- ği, cm	Eğim, %											
		0.5		1.0		1.5		2.0		2.5		3.0	
		Tava genişliği, m											
		15		15		12		12		9		9	
		Uygulanan birim debi, l/s/m											
		9.37	0.26	5.57	0.37	4.11	0.45	3.31	0.52	2.80	0.59	2.44	0.64
26	40	58	2	39	3	29	3	24	4	20	4	18	5
	60	69	2	44	3	33	4	26	4	22	5	20	5
	90												
27	40	22	1	18	1	14	2	12	2	10	2	9	2
	60	29	1	21	1	16	2	13	2	11	2	10	3
	90	36	1	23	2	18	2	14	2	12	3	11	3
28	40	53	2	37	2	28	3	23	4	19	4	17	4
	60	64	2	41	3	31	3	25	4	21	4	19	5
	90	75	2	46	3	35	4	28	4	24	5	21	5
29	40	33	1	24	2	19	2	15	2	13	3	11	3
	60	41	1	27	2	21	2	17	3	14	3	13	3
	90	48	1	31	2	23	3	19	3	16	3	14	4
30	40	43	1	30	2	23	3	19	3	16	3	14	4
	60	51	2	33	2	25	3	20	3	17	4	15	4
	90	58	2	36	2	27	3	22	3	19	4	16	4
31	40	32	1	24	2	19	2	15	2	13	3	11	3
	60	39	1	27	2	20	2	16	3	14	3	12	3
	90												
32	40	26	1	20	1	16	2	13	2	11	2	10	3
	60	34	1	23	2	18	2	14	2	12	3	11	3
	90	41	1	26	2	20	2	16	3	14	3	12	3
33	40	37	2	27	2	21	2	17	3	14	3	13	3
	60	46	1	30	2	23	3	18	3	16	3	14	4
	90	53	2	33	2	25	3	20	3	17	4	15	4

Tablo 4.40. Tava Uzunlukları (m)

Profil No	Kök Derinliği, cm	Eğim, %											
		0.5		1.0		1.5		2.0		2.5		3.0	
		Tava genişliği, m											
		15		15		12		12		9		9	
		Uygulanan birim debi, l/s/m											
		9.37	0.26	5.57	0.37	4.11	0.45	3.31	0.52	2.80	0.59	2.44	0.64
35	40	60	2	41	3	31	3	25	4	21	4	18	5
	60	70	2	44	3	33	4	27	4	23	5	20	5
	90	79	2	49	3	36	4	29	5	25	5	22	6
37	40	39	1	28	2	21	2	17	3	15	3	13	3
	60	49	1	32	2	24	3	20	3	17	4	15	4
	90	58	2	37	2	27	3	22	3	19	4	16	4
38	40	79	2	51	3								
	60	93	3	58	4								
	90	108	3	66	4								
39	40	63	2	42	3	32	4	26	4	22	5	19	5
	60	76	2	48	3	36	4	29	5	25	5	22	6
	90	90	3	55	4	41	5	33	5	28	6	25	6
40	40	83	2	53	4	40	4	32	5	28	6	24	6
	60	95	3	59	4	44	5	36	6	30	6	26	7
	90	105	3	64	4	48	5	39	6	33	7	28	7
41	40	101	3	64	4	48	5	39	6	33	7	29	8
	60	119	3	73	5	55	6	44	7	37	8	33	9
	90	135	4	82	5	61	7	49	8	42	9	36	10
42	40	58	2	39	3	30	3	24	4	21	4	18	5
	60	72	2	46	3	34	4	28	4	24	5	21	5
	90	84	2	52	4	39	4	32	5	27	6	23	6
45	40	54	2	37	3	28	3	23	4	19	4	17	4
	60	66	2	42	3	32	3	26	4	22	5	19	5
	90	76	2	47	3	35	4	29	5	24	5	21	6

Tablo 4.40. Tava Uzunlukları (m)

Profil No	Kök Derinliği, cm	Eğim, %											
		0.5		1.0		1.5		2.0		2.5		3.0	
		Tava genişliği, m											
		15		15		12		12		9		9	
		Uygulanan birim debi, l/s/m											
		9.37	0.26	5.57	0.37	4.11	0.45	3.31	0.52	2.80	0.59	2.44	0.64
47	40	55	2	38	3	28	3	23	4	20	4	17	5
	60	63	2	41	3	30	3	25	4	21	4	18	5
	90	70	2	43	3	32	4	26	4	22	5	19	5
48	40	74	2	49	3	37	4	30	5	26	5	22	6
	60	91	3	57	4	43	5	35	5	29	6	26	7
	90	110	3	67	4	50	5	40	6	34	7	30	8

Hansen, et al., (1979) ve USDA (Apan, 1976a) tarafından, 400 m' den uzun tavanın pratik bakımdan uygun olmayacağı belirtilmiştir. Tava uzunluğunun 10 m' den daha kısa olmasının, fazla sedde yapımı gerektirmesi nedeniyle kullanılmayan alanı ve işçilik masrafını artıracığı düşünülerek, tava uzunluklarının 10 m ile sınırlandırılabilirliği ifade edilmiştir (Apan, 1976a). Tava seddelerinin ölçüleri ise, 10-15 cm su derinlikleri için 20-25 cm yükseklik ve 1-1.5 m taban genişliğinde olabilir (Delibaş, 1989). Hesaplamalarda kullanılan maksimum ve minimum debi değerleri birim genişlikteki tavaya uygulanacak debiler olduğundan, tavaya verilecek toplam debi değeri, birim debi ile tava genişliğinin çarpılmasıyla bulunabilir.

Tablo 4.40' daki değerler incelendiğinde aynı profil sahasında eğim artışına bağlı olarak tava uzunluklarının azaldığı görülmektedir. Yine uzunlukların genel olarak fazla çıkmadığı da görülmektedir. Tava uzunluğunun hesaplanmasında kullanılan Eşitlik 2.7' de uzunlukların toprağın infiltrasyon durumuna bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Ova toprakları, genel olarak yüksek infiltrasyon hızına sahip topraklar olduklarından, tava uzunlukları doğal olarak kısa bulunmuştur. Delibaş (1987), yüksek infiltrasyon hızına sahip topraklarda maksimum sulama randımanının kısa tavalarda elde edildiğini ifade etmiştir.

Gerek karık sulamada ve gerekse tava sulamada farklı eğimlerde uygulanacak maksimum debiler erezyon yapmayacak maksimum debilerdir. Bu değerler aşılmadan uygulanacak debinin maksimum debiye yakın seçilmesiyle daha uzun karık ve tava boyları elde edilebilir.

Toprak yüzeyinde ve profilde bulunan taşlılık ve çakıllılık, ovada bulunan çok sayıda ve derin dere yataklarının araziyi parçalaması, eğimin değişkenliği, toprak derinliğinin değişkenliği, genelde fazla olmayışı ve bazı kısımlarda oldukça sığlaşması gibi hususlar arazi tesviyesini oldukça sınırlandırmaktadır. Kapsamlı bir tesviye yerine, ancak doğal kırışıklıkların giderilmesi amacıyla yüzey tesviyesi ile toprak derinliği gözönüne alınarak uygun yerlerde hafif bir tesviyenin yapılması düşünülebilir (Okuroğlu, 1992). Eğimli yerlerde teraslama düşünülebilir ancak, yukarıda belirtilen özelliklerden dolayı teras yapımının da ekonomik olmayacağı belirtilmiştir (Sönmez, 1987).

Sönmez (1987), bitki örtüsü ve toprak ne olursa olsun eğimin artması ile erezyonun da boyut kazanacağını ifade etmiştir. Bu nedenle, gerek teraslama ve tesviye olanaklarının sınırlandırılması, gerekse yüksek infiltrasyon hızı gibi hususlar yüzey sulamayı sınırlandıran etkenler olarak görülebilir.

Infiltrasyon değerlerinin yüksek oluşu nedeniyle, söz konusu toprakların sulanmasında uygulanacak en uygun yöntem yağmurlama yöntemidir. Ancak yöre çiftçisinin alıştığı karık yöntemi uygulanacak olursa ve bu alışkanlığın ilk aşamalarında çalışmada verilen karık uzunluklarına uyulması gerekecektir. Fakat bu durumda tarımsal mekanizasyonun, karık boylarının kısa olması nedeniyle büyük ölçüde engelleneceği ve iş gücünün artacağı hususu dikkate alınmalıdır.

5. ÖNERİLER

Projeden yöre çiftçilerinin maksimum düzeyde faydalanabilmesi açısından araştırma gözlemlerine bağlı olarak belirlenen öneriler aşağıda sıralanmıştır.

1- Araştırma alanındaki iklim koşullarında verim artışı sağlayabilmek için eksik suyun sulama ile karşılanması gerektiğinden, sulamaya uygun kısımlarda sulu tarımın uygulanması zorunlu görülmektedir.

2-Türkiye' de suyun toprağa verilmesi konusunda çiftçinin hemen hemen kendi haline bırakıldığı söylenebilir. Sulama sistemlerinin tasarımı kaynaktan uca doğru yapılmakta, çiftçi ise bunun son halkasını oluşturmaktadır (Korukçu, 1992). Suyun depolanması, kanallarla araziye getirilmesi mühendislik çalışmaları olup çarpıcı biçimde göze hitap etmektedir. Bu nedenle, daima mühendislik konuları ön plana alınmış, çiftçilere götürülmesi gereken eğitim ve yayım hizmetleri ihmal edilmiştir. Genellikle çiftçilerimiz uygulanacak sulama yöntemleri, sulama zamanı, bir sulamada toprağa verilecek su miktarları vb. konularda yeterli bilgiye sahip olmadıklarından fazla su ile fazla verim alınır düşüncesiyle aşırı su uygulamaktadırlar. Daphan ovasının doğal drenaja uygunluğundan dolayı bariz bir şekilde göze hitap edecek olan bir taban suyu yükselmesi söz konusu olmayacağından, bu durum çiftçinin aşırı su kullanımı konusunda engel oluşturmayacaktır. Bu nedenle gereğinden fazla su kullanımını önleme açısından çiftçilerin, toprak-su-bitki-verim ilişkileri ve sulama teknolojisi konusunda bilgilendirilmesi amacıyla gerekli organizasyonun sağlanması ve kısıtlayıcı olması bakımından da çok düşük olan sulama ücretlerinin yeniden gözden geçirilmesi düşünülebilir.

3- Sulama ile, yem bitkileri, hububat ve çapa bitkileri yetiştirilmesiyle, hem işgücü ihtiyacının artırılması hemde hayvancılığın geliştirilmesiyle iş gücünün yıl içerisinde düzenli olarak dağılması sağlanabilir.

4- Hayvancılık potansiyeli olan bölgede, yem bitkileri ve hububat yetiştiriciliğine daha fazla yer verilerek hayvancılık desteklenebilir.

5- Toprak tuzluluğu ve alkaliliği yönünden araştırma alanı için seçilen bitkilerin yetiştirilmesi yönünden bir sorunla karşılaşılmayacağı için ilk aşamada bir önlemin alınması gerekli görülmeyebilir.

6- Çiftçiler bitkilerin sulanması konusunda başvuru kaynağı olarak, sulama planlaması tablolarındaki bilgilere müracaat edebilir (Tablo 4.5-4.37). Çünkü bu bilgiler çiftçiye, o bitki için yaklaşık sulama zamanının, kaç su verileceğinin ve verilecek sulama suyu miktarlarının tahmini konularında yardımcı olacaktır.

7- Toprak derinliğinin sığlaştığı kesimlerde sathi köklü bitkiler, eğim artışına bağlı olarakta erezyonu önleme açısından çapa bitkileri, tahıllar ve yem bitkileri yetiştiriciliği düşünülebilir.

8- Yine erezyonu önleme açısından eğimli alanlarda arazinin, tesviye eğrilerine paralel işlenmesi sağlanabilir.

9- Arazi üzerinde yer alan taşların temizlenmesi yoluna gidilebilir ve toprak derinliği göz önüne alınarak uygun yerlerde hafif bir tesviye yapılabilir. Bu şekilde daha üniform bir sulama ile tarımsal alet ve ekipmanla daha rahat çalışma olanağı sağlanmış olacaktır.

10- Eğimi % 7-30 arasında kalan araziler mera toprağı % 30' u geçen araziler ise ağaçlandırma sahalarıdır. Alınacak bazı önlemlerle % 12-15' e kadar eğimli arazilerde de işlemeli tarım yapılabilir (Açıkgöz, 1991). Bu nedenle ovanın sınırlarına doğru ve ova içerisinde yer alan dere yataklarına doğru artan eğimli kesimleri toprak işlemeli tarımda kullanılabilir, doğal mera olarak bırakılabilir veya ağaçlandırılabilir.

11- Yöre çiftçilerinin ekonomik durumu basınçlı sulama yöntemlerinin seçiminde kısıtlayıcı faktör olduğundan, uygulanabildiği alanlarda yüzey sulama yöntemlerinin tercih edilmesi durumunda, ovadaki değişik alanlardaki arazilerde su ekonomisi sağlanmasına yönelik olarak sulama randımanının artırılması amacıyla, hesapla belirlenen Tablo 4.39 ve 4.40' da verilen tava ve karık boyutları ilgili oldukları alanlarda kullanılabilir.

12- Toprak ve topoğrafik koşullar yönünden yüzey sulamanın sınırlandığı veya uygun olmadığı yerlerde, çiftçiyi yüzey sulamalar yerine yağmurlama sulamaya teşvik etmek için alet ve ekipmanların kolayca temin edilmesine ve kullanılmasına yardımcı olunabilir.

13- Eğim artışına bağlı olarak, sulama suyunun kontrolü açısından uzun tava, karık, kontur karık ve yağmurlama sulama yöntemleri uygulamaları tercih edilebilir.

14- Sulama randımanını yüksek tutmak için, kanallardaki suyu tarlaya ulaştıracak olan tarla içi su dağıtım ağının planlanmasında çiftçiye yardımcı olunması sağlanabilir.

15- Mevcut durumda drenaj problemi olan Akarçayırlar deresinin yamaçlarına bakan kısımlarına bir çevirme kanalı yapılarak bu alan sulu tarıma kavuşturulabilir.

16- Büyük kapsamlı arazi parçalanmasının görülmediği ova topraklarında, arazi parçalanmasının engellenmesi düşünülerek, makineleşme ve diğer modern girdilerin ekonomik kullanımı sağlanabilir.

17- Araştırma alanında makineleşmenin teşvik edilmesi düşünülebilir. Tarımsal üretimde kuvvet kaynağı olarak insan ve hayvan gücü kullanıldığında emek ve alan verimliliği düşük düzeyde kalmaktadır. Günümüzde tarım makinelerinin pahalı olması ve işletmelerin de fazla büyük olmaması nedeniyle, bölgede her işletmenin ferdi olarak makineleşmesi ekonomik olmamaktadır. Bu durumu düzeltmek için müşterek makineleşmeye gidilmek suretiyle, her işletmeye düşen makine alım sermayesi azaltılarak ve makinelere daha uzun çalışma süresi sağlanarak ekonomik olacak kullanım koşulları yaratılabilir.

18- Hastalık ve zararlıların tanıtılması, bunlara karşı etkin ve ekonomik mücadele yöntem ve ilaçlarının öğretilip benimsetilmesiyle, gerekli gübrelerin ve iyi tohumluğun kullanılmasıyla tarım alanlarında ürün artışı sağlanabilir. Bu nedenle çiftçilerin, gübre ve iyi tohumluk kullanımları ile hastalıklarla mücadele konusunda uyarılmaları sağlanabilir, gerekirse bu yönde demonstratif girişimler yapılabilir.

19- Tarımsal üretimde sulama ile sağlanan üretim artışı ve tarımsal üretim artışına paralel olarak artan hayvansal üretimin daha iyi değerlendirilmesi için kooperatifleşme teşvik edilebilir ve pazarlama olanaklarının artırılması araştırılabilir. Bu yolla çiftçiler hem ürünlerini iyi bir şekilde değerlendirmiş olurlar ve hemde ürün artırıcı önlemlerin uygulanmasında kolaylık sağlayabilirler.

20- Özellikle en kritik dönemler olan kurak yıllarda sulama suyu ihtiyaçlarının karşılanabilmesi açısından, aşırı su kullanımından titizlikle kaçılmalıdır.

21- Sulamaya geçildiğinde, ilgili kuruluşların tam denetimi ve sulama alanlarında rastgele uygulamalar konusunda duyarlı olmaları sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz, E., 1991. Yem Bitkileri. Uludağ Üniv. Yayını, 633.2, s 301-311
- Ahuja, L.R. and Nielsen, D.R., 1990, Field Soil-Water Relations. Irrigation of Agricultural Crops. 677 South Segoe Road, Madison, WI 53711 USA, p 144-183.
- Akgül, M., 1992, Daphan ovası topraklarının sınıflandırılması ve haritalanması. Doktora tezi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum.
- Akgül, M., 1994, Daphan ovası topraklarının arazi kullanım yetenek sınıflaması. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 25 (1), (Baskıda).
- Akkaya, A. ve Birinci, G., 1992, Erzurum koşullarında Tokak 157/37 arpa çeşidinin cycocel ve azot uygulamalarına tepkisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 23 (2), s 43.
- Aküzüm, T, 1986, Agrometeoroloji ve Kültürteknik Çalışmalarındaki Yeri. Kültürteknik Giriş. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 996, s 155-167.
- Alagöz, H., 1984, Kültürteknik. Sulama 1. Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 484.
- Alıcı, Ü., 1974., Atatürk Üniversitesi çiftliğinin sulama sorunları ve çözüm yolları üzerine bir araştırma. Doktora tezi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum.
- Alıcı, Ü., 1980, Tava ve karıklarda su ilerlemesi hesaplama yöntemlerinin tarla koşullarına uygulanabilirliği üzerine bir araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum.
- Anaç, S., Tüzel, İ.H. ve Ul, M.A., 1993, Sulama yöntemleri ve yeni gelişmeler. Ege Üniv. Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi, İzmir.
- Ankeny, M.D., Kaspar, T.C. and Horton, R., 1990, Characterization of tillage and traffic effects on unconfined infiltration measurements. Soil Sci. Soc. Am. J., 54, p 837-840.
- Anonymous, 1974, Meteoroloji Bülteni. DMİ Genel Müd., Ankara.
- Anonymous, 1979a, Erzurum Projesi Yapılabilirlik Raporu (Cilt I). DSİ Genel Müd. DSİ VIII. Bölge Müd., Erzurum.
- Anonymous, 1979b, Erzurum Projesi Yapılabilirlik Raporu (Cilt II). DSİ Genel Müd. DSİ VIII. Bölge Müd., Erzurum.
- Anonymous, 1982, Türkiye' de Sulanan Bitkilerin Su Tüketimleri Rehberi. Topraksu Yayını, 718, Ankara.

- Anonymous, 1989, Manual For Cropwat . FAO Land and Water Development Division, Via della Terna di Caracalla, Rome.
- Anonymous, 1993a, Sulu Tarımda Etkin Çiftçi Katılımı. Köy Hiz. Gen. Müd. Sulama Dairesi Başk., Ankara.
- Anonymous, 1993b, Türkiye' de Sulu Tarım Yatırımlarına ve İşletme-Bakım Faaliyetlerine Çiftçi Katılımı. Köy Hiz. Gen. Müd. Baskı İşleri Şubesi Müd., Ankara.
- Anonymous, 1993c, 1994 Yılı Yatırım Program-Bütçe Toplantısı Takdim Raporu. DSI Genel Müd. DSI VIII. Bölge Müd., Erzurum.
- Anonymous, 1993d, Erzurum Ovası Koşularında Yonca Su Tüketiminin Belirlenmesi. 1992 ve 1993 Yıllık Sonuç Raporları. Köy Hiz. Araş. Ens. Müd., Erzurum.
- Anonymous, 1993e, Erzurum Projesi Yıllık Teknik Bülteni. DSI VIII. Bölge Müd., Erzurum.
- Anonymous, 1993f, 1992 Yılı Erzurum İli Ekonomik ve Ticari Durum Raporu. Sanayi ve Ticaret Müd., Erzurum.
- Anonymous, 1994a, Bölge, II, Makina İkmal ve Proje Müdürleri 8. Toplantısı. Köy Hiz. Gen. Müd., 7-9 Şubat 1994, Ankara, s 6-228-249.
- Anonymous, 1994b, Meteorolojik Veriler. DMI Genel Müd., Sayı 296-1, Ankara.
- Apan, M., 1976a, Malatya Şahnahan ovasında sulama yönünden verimliliği sınırlandıran sorunlar ve çözüm olanakları üzerinde bir araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak., s 1-104.
- Apan, M., 1976b, Irrigation water quality evaluation (Çeviri). Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 7(2), s 245-256.
- Apan, M., 1981a, Hidroloji. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Notu, s 36-51.
- Apan, M., 1981b, Tarla sulama sistemlerinin seçiminde dikkate alınması gereken temel etmenler. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 12 (2-3), s 193-207.
- Ayyıldız, M., 1983, Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 879.
- Bahtiyar, M., 1979, Satüre toprakta su hareketi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 10 (1-2), s 231-243.

- Balaban, A., 1986, Güneydoğu Anadolu Projesi Entegre Sistemi, Planlama ve Uygulama Sorunları. Kültürteknikçe Giriş. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 996, s 37-55.
- Bassett, D.L., 1972, Mathematical model water advance in border irrigation. Transactions of the ASAE, 15 (5), p 992-995.
- Bassett, D.L. and Fitzsimmons, D.W., 1976, Simulating overland flow in border irrigation. Transactions of the ASAE, 19 (4), p 666-671.
- Baştuğ, R. ve Kanber, R., 1989, Sulama programlarının geliştirilmesinde bitkilerin içsel su durumlarını belirleyen yöntemlerden yararlanma olanakları. Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 2 (1), s 17-29.
- Bautista, E. and Wallender, W.W., 1991, Optimization of furrow infiltration parameters from advance times and advance rates. Irrigation and Drainage. ASCE 345 East 47 th Street, New York, p 704-710.
- Bayazıt, M., 1991, Hidroloji. İstanbul Teknik Üniv. Kütüphanesi, Sayı: 1450, s 31-44.
- Bayrak, F., 1991, Samsun yöresinde sulamaya açılan alanlarda su iletim kayıpları ve su uygulama randımanları. Köy Hiz. Gen. Müd. Samsun Araş. Ens. Yayını, 69, s 10-16.
- Bekişoğlu, Ş., 1984, ABD' de su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi işletme bakım ve su ürünleri faaliyetleri. DSİ Gen. Müd. İşletme ve Bakım Dairesi Başk., Ankara, s 21-32.
- Benli, E., 1980, Devlet sulama şebekelerinde su kullanımı üzerinde bir araştırma. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 748, s 45-46.
- Beven, K. and Germann, P., 1982, Macropores and water flow in soils. Water Resour. Res., 18 (5), p 1311-1325.
- Beyribey, M. ve Selenay, M.F., 1992, Sulama şebekelerinde sistem kapasitesinin belirlenmesi. Topraksu Dergisi, 2, s 8-13.
- Bosch, D.D. and Onstad, C.A., 1988, Surface seal hydraulic conductivity as affected by rainfall. Transactions of the ASAE, 31 (4), p 1120- 1127.
- Burman, R.D., Nixon, P.R., Wright, J.L. and Pruitt, W.O., 1983, Water Requirements. Design and Operation of Farm Irrigation Systems. ASAE 2950 Niles Road St. Joseph, Michigan 49085, p 189-225.

- Campbell, G.S. and Mulla, D.J., 1990, Measurement of Soil Water Content and Potential. Irrigation of Agricultural Crops. 677 South Segoe Road, Madison, WI 53711 USA, p 127-141.
- Campbell, G.S. and Turner, N.C., 1992, Plant - Soil - Water Relationships. Management of Farm Irrigation Systems. ASAE 2950 Niles Road St. Joseph, MI 49085-9659, p 15-27.
- Christiansen, J.E., Bishop, A.A., Kiefer, F.W. and Fok, Y.S., 1966, Evaluation of intake rate constants as related to advance of water in surface irrigation. Transactions of the ASAE, 9 (5), p 671-674.
- Clemmens, A.J., 1979, Verification of the zero-inertia model for border irrigation. Transactions of the ASAE, 22 (6), p 1306-1309.
- Clemmens, A.J. and Dedrick, A.R., 1981, Estimating distribution uniformity in level basins. Transactions of the ASAE, 24 (5), p 1177-1180.
- Çelenk, Ş. ve Gürel, A.H., 1973, Efektif Yağışlar. DMI Gen. Müd. Ankara, s 1-5.
- Çevik, B. ve Yazar, A., 1985, Meyve bahçelerinin sulanmasında yeni bir sistem. Doğa Bilim Dergisi, 9 (3), s 419-424.
- Çevik, B., 1988, Hacim ağırlığı ve standart okuma yöntemlerinin nötronmetre kalibrasyonuna etkileri. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 3 (3), s 107-115.
- Çevik, B., Tekinel, O. ve Kanber, R., 1990, Bahçe Bitkileri Sulama Tekniği. Çukurova Üniv Ziraat Fak. Yayını, 102, s 1-110.
- Çevik, B. ve Tekinel, O., 1990, Sulama şebekeleri ve işletme yöntemleri. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 81, s 1-142.
- Çomaklı, B., 1991, Farklı sıra aralığı, sulama seviyesi ve fosforlu gübrelemenin, çayır üçgülünün (*Trifolium Pratense* L.) kuru ot ve ham protein verimi ile otun ham protein oranına etkileri üzerinde bir araştırma. Türkiye 2.Çayır-Mer'a ve Yem Bitkileri Kongresi, 28-31 Mayıs 1991, İzmir, s 449-459
- Davis, J.R. and Fry, A.W., 1963, Measurement of infiltration rates in irrigated furrow. Transactions of the ASAE, 6 (4), p 318-319.
- Delibaş, L., 1984, Tava ve karıklarda yüzey sulama hidroliği ilkelerinin tarla koşullarında araştırılması. Doktora tezi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 16 (1-4), s 27-39.

- Delibaş, L., 1987, Uzun tava sulama yönteminde maksimum elde edilebilir su uygulama randımanının araştırılması. *Doğa Bilim Dergisi*, 11 (2), s 310-318.
- Delibaş, L. ve Okuroğlu, M., 1987, Yüzey sulamada suyun ilerleme ve emilme ilişkileri ve ilerleme verilerinden infiltrasyon parametrelerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 18 (1-4), s 103-112.
- Delibaş, L., 1989, Sulama. *Trakya Üniv. Ziraat Fak. Yayını*, 74, s 1-210.
- Demiralay, İ., 1977, Toprak Fiziği. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Notu*, s 1-230.
- Demiralay, İ., 1993, Toprak Fiziksel Analizleri. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını*, 143, s 1-129.
- Dizdar, M.Y., 1981, Toprak etüdlerinin mühendislik kullanımları için yorumlanması. *Topraksu Yayını*, 701, s 40.
- Doorenbos, J. and Kassam, A.H., 1979, Yield response to water. *FAO of the United Nations, Rome*.
- Elliott, R.L. and Walker, W.R., 1982, Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. *Transactions of the ASAE*, 25 (2), p 396-400.
- Ergene, A., 1993., *Toprak Biliminin Esasları*. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını*, 267, s 137-257.
- Erözal, Z., 1986, Sulamada Su Kalitesi ve Tuzluluk Sorunları. *Kültürteknikçe Giriş*. *Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını*, 996, s 97-109.
- Ertuğrul, H., 1971, Erzurum ovası topraklarında toprak su münasebetleri ve ovanın sulama suyu ihtiyacı üzerinde bir araştırma. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını*, 61, s 7-11.
- Ertuğrul, H. ve Hakgören, F., 1973a, Farklı sürüm derinliklerinin toprakların infiltrasyon hızlarına etkisi üzerinde bir araştırma. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 4 (3), s 17-26.
- Ertuğrul, H. ve Hakgören, F., 1973b, İnfiltrasyon hızının tesbitinde kullanılan "Sabit seviyeli çift silindirli infiltrometre" ile "sabit seviyeli karık infiltrometre" metodlarının mukayesesi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 4 (2), s 97-109.
- Ertuğrul, H. ve Apan, M., 1979, Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını*, 252, s 1-179.

- Fangmeier, D.D. and Ramsey, M.K., 1978, Intake characteristics of irrigation furrows. Transactions of the ASAE, 21 (4), p 696-700.
- Fangmeier, D.D. and Strelkoff, T., 1979, Mathematical models and border irrigation design. Transaction of the ASAE, 22 (1), p 93-99.
- Farrell, D.A. and Larson, W.E., 1972, Dynamics of the soil-water system during a rainstorm. Soil Sci., 113 (2), p 88-94.
- Flanagan, D.C., Foster, G.R. and Moldenhauer, W.C., 1988, Storm pattern effect on infiltration, runoff and erosion. Transactions of the ASAE, 31 (2), p 414-420.
- Fok, Y.S. and Bishop, A.A., 1969, Expressing irrigation efficiency in terms of application time, intake and water advance constants. Transactions of the ASAE, 12 (4), p 438-442.
- Gardner, W.R., 1967, Development of modern irrigation theory and application in hydrology. Transactions of the ASAE, 2, p 379-381.
- Gemalmaz, E., 1989, Gözenekli Ortam Hidroliği. Lisans üstü ders notu, Atatürk Üniv.Ziraat Fak., s 1-10.
- Gemalmaz, E., 1993, Drenaj Mühendisliği, Cilt 1. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 317, s 1-70.
- Goldberg, D., 1977, Tarımda suyun randımanlı kullanım yöntem ve teknikleri (Çev. Abdurrahim Korukçu). Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 749, s 33.
- Güngör, Y. ve Yıldırım, O., 1989, Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 1155, s 1-368.
- Güngör, H., 1990, Bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılabilcek amprik bir yöntem üzerinde araştırma. Köy Hiz. Gen. Müd. Eskişehir Araş. Ens. Müd. Yayını, 223, s 1-16.
- Gürel, A.H., 1975, Buharlaşma ve Terleme. DMİ Gen. Müd., Ankara, s 1-16.
- Hakgören, F. ve Ekmekyapar, T., 1983, Kültürteknik. Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum, s 146-267.
- Hanay, A., 1990, Çöp kompostunun toprağın bazı yapısal özellikleri ve toprak-su ilişkilerine olan etkilerinin ahır gübresiyle karşılaştırılması üzerine bir araştırma. Doktora tezi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum.

- Hansen, V.E., Israelsen, O.W. and Stringham, G.E., 1979, *Irrigation Principles and Practices*. John Wiley & Sons, New York, p 1-360.
- Hart, W.E., Collins, H.G., Woodward, G. and Humpherys, A.S., 1983, *Design and Operation of Gravity or Surface Systems. Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. ASAE 2950 Niles Road St. Joseph, Michigan 49085, p 501-566.
- Hatfield, J.L. and Fuchs, M., 1992, *Evapotranspiration Models. Management of Farm Irrigation System*. ASAE 2950 Niles Road St. Joseph, MI 49085-9659, p 33-56.
- Heermann, D.F., Wenstrom, R. J. and Evans, N.A., 1969, Prediction of flow resistance in furrows from soil roughness. *Transactions of the ASAE*, 12 (4), p 482-485.
- Heermann, D.F., 1988, Evapotranspiration research priorities for the Next Decade irrigation. *Transactions of the ASAE*, 31 (2), p 497-502.
- Hoffman, G.J., Ayers, R.S., Doering, E.J. and McNeal, B.L., 1983, *Salinity in Irrigated Agriculture. Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. ASAE 2950 Niles Road St. Joseph, Michigan 49085, p 145-182.
- Izuno, F.T., Podmore, T.H. and Duke, H.R., 1985, Infiltration under surge irrigation. *Transactions of the ASAE*, 28 (2), p 517-521.
- İstanbuluoğlu, A. ve Sevim, Z., 1992, Kars-Aralık rüzgar erezyon sahası sulama zamanı planlamasında cropwat bilgisayar programının kullanılması. IV. Ulusal Tarısal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, 24-26 Haziran 1992, Erzurum, s 175-185.
- James, L.G., 1988, *Principles of Farm Irrigation System Design*. John Wiley & Sons, New York, p 1-420.
- Jaynes, D.B., 1990, Temperature variations effect on field-measured infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54, p 305-312.
- Jennings, G.D., Jarrett, A.R. and Hoover, J.R., 1988, Evaluating the effect of puddling on infiltration using the Green and Ampt equation. *Transactions of the ASAE*, 31 (3), p 761-768.
- Kanber, R., Eylen, M. ve Baştuğ, R., 1990, Çukurova koşullarında yağış etkinliğinin lizimetrelerde belirlenmesi. *Köy Hiz. Gen. Müd. Tarsus Araş. Ens. Müd. Yayını*, 162, s 9-19.

- Kanber, R., Kırdar, C. ve Tekinel, O., 1992, Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 21, s 1- 312.
- Karadoğan, T., 1990., Farklı gelişme dönemlerinde değişik seviyelerde sulama ve su kesme zamanlarının patatesin verim ve verim unsurlarına etkileri üzerine bir araştırma. Doktora tezi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum.
- Kemper, W.D., Trout, T.J., Humpherys, A.S. and Bullock, M.S., 1988, Mechanisms by which surge irrigation reduces furrows infiltration rates in a silty loam soil. Transactions of the ASAE, 31 (3), p 821-829.
- Keren, R., 1991, Specific effect of magnesium on soil erosion and water infiltration. Soil Sci. Soc. Am. J., 55, p 783-787.
- Kırdar, C. ve Nielsen, D.R., 1977, Topraklarda infiltrasyon sonrası su dağılımında yerçekimsel yükün etkinliği. TÜBİTAK, TOAG VI. Bilimsel Kongresi, s 145-154.
- Kırdar, C., Güngör, H. ve Öğretir, K., 1983, Farklı su alma hızı ve eğim derecelerinde maksimum karık ve uzun tava boyu ile birim akışı veren model ve abakların geliştirilmesi. Topraksu Araştırma Ana Projesi, 431-3, Eskişehir.
- Kincaid, D.C., Heermann, D.F. and Kruse, E.G., 1972, Hydrodynamics of border irrigation advance. Transactions of the ASAE, 15 (4), p 674-680.
- Kodal, S. ve Benli, E., 1987, İç Anadolu bölgesinde bitki su tüketimi hesaplamalarında kullanılacak yeni bir tahmin yöntemi. Doğa Bilim Dergisi, 11 (2), s 372-381.
- Kodal, S., Tokgöz, M.A., Olgun, M., Öztürk, F., Selenay, M.F. ve Beyribey, M., 1992, Yağış, toprak ve bitki deseninin sulama suyu miktarı ile sistem kapasitesine etkisi. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, 24-26 Haziran 1992, Erzurum, s 15-24.
- Korukçu, A., 1992, Sulamadaki gelişmelerin Türkiye'ye yansımaları. Topraksu Dergisi, 2, s 4-5.
- Kün, E., 1988, Serin İklim Tahılları. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 1032, s 277-278.
- Lal, R. and Pandya, A.C., 1972, Volume balance method for computing infiltration rates in surface irrigation. Transactions of the ASAE, 15 (1), p 69-72.

- Lin, S.S., Rochester, E.W. and Hermanson, R.E., 1973, Soil moisture profile under steady infiltration. *J. Agric. Engng. Res.* 18, p 179-187.
- Lyle, W.M. and Bordovsky, J.P., 1983, LEPA irrigation system evaluation. *Transactions of the ASAE*, 26 (3), p 776-781.
- Maier, H.M., 1981, Sulama teknolojisi konusunda karşılaştırmalı bir araştırma (Çev. Soner Dinler). Ziraat Teknik Lisesi ve Mekanizasyon Eğitim Merkezi Müd., Söke.
- Manga, I., 1973, Erzurum şartlarında sulama derinlik ve seviyelerinin yoncanın büyümesine, ot verimine, kök dağılışına, su istihlak ve su çekme modeline etkisi üzerine bir araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 82, s 77-113.
- Michael, A.M. and Pandya, A.C, 1971, Water front advance in irrigation borders. *J.Agric. Engng. Res.* 16 (1), p 62-71.
- Mohammad, H.A. and Goldhamer, D.A., 1988, Surge irrigation optimization model. *Transaction of the ASAE*, 31 (2), p 519-526.
- Mohammed, D. and Kohl, R.A., 1987, Infiltration response to kinetic energy. *Transactions of the ASAE*, 30 (1), p 109-111.
- Munsuz, N., 1982, Toprak-Su ilişkileri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 798, s 1-225.
- Norum, D.I. and Gray, D.M., 1970, Infiltration equations from rate-of-advance data. *J. Irrig. and Drain. Div. ASCE*, 96 (2), p 111-119.
- Okuroğlu, M., 1992, Arazi Tesviyesi (Lisans Üstü Ders Notu). Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum.
- Okuroğlu, M. ve Yağanoğlu, A.V., 1993, Kültürteknik. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 157, s 4-141.
- Omay, E., Demirören, T. ve Kanber, R., 1984, Sulama Rehberi. Topraksu Araştırma Ana Projesi, 434-1, Şanlıurfa.
- Oral, E. 1974, Erzurum ekolojik şartlarında sulama ve azotlu gübrelerin iki şeker pancarı tipinde bitki büyümesi, verim ve kimyasal yapıya etkisi üzerinde bir araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 99, s 93-95.
- Ostle, B., 1964, *Statistics in Research*. The Iowa State Uni. Press, Amer., Iowa.

- Özdengiz, A., 1970, Iğdır ovası sulama şebekesinin bugünkü durumu, şebeke dahilindeki toprakların sulama yönünden problemleri ve çözüm yolları üzerinde bir araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 137, s 13-44.
- Özdengiz, A., 1972, Bitki hayatında suyun önemi ve sulamada dikkat edilecek bazı önemli hususlar. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 3 (4), s 219-229.
- Özdengiz, A., 1973, Sulamada elde edilmesi mümkün olan sulama randımanları (Çeviri). Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 4 (2), s 229-236.
- Özdengiz, A., 1974, Atatürk Üniversitesi araştırma çiftliği sahasında ve yukarı Pasinler ovasında yeraltı suyunun sulamada kullanılmasında pompaj ünitelerinin çalışma randımanı ve yeraltı suyu ile sulamanın ekonomisi üzerine bir araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 168, s 9.
- Özdengiz, A., 1986, Türkiye'de tarımsal sulamanın geçmişi ve bugünkü durumuna bir bakış. II. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 29 Nisan-2 Mayıs 1986, Adana, s 203-217.
- Özdengiz, A., 1991, İleri Bitki-Toprak-Su İlişkileri (Lisans Üstü Ders Notu). Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum.
- Özdengiz, A., 1992, Bitki su tüketimi ve rasyonel bir sulamanın ana ilkeleri. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, 24-26 Haziran 1992, Erzurum, s 1-15.
- Özer, Z., 1990, Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar (Teknik Rehber). Köy Hiz. Gen. Müd. Havza Islah ve Göletler Daire Başk., s 1-709.
- Padem, H., 1989, Farklı azot dozları ile sulama seviyelerinin lahanada bitki gelişmesine, verime ve bazı bitki besin elementleri içeriğine etkisi. Doktora tezi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Erzurum.
- Perrier, E.R. and Salkini, A.B., 1991, Supplemental Irrigation in the Near East and North Africa. ICARDA, Aleppo, Syria, s 39-155.
- Phene, C.J., Reginato, R.J., Itier, B. and Tanner, B.R., 1992, Sensing Irrigation Needs. Management of Farm Irrigation Systems. ASAE 2950 Niles Road St. Joseph, MI 49085-9659, p 207-251.
- Purkey, D.R. and Wallender, W.W., 1989, Surge flow infiltration variability. Transactions of the ASAE, 32 (3), p 894-900.

- Raes, D., Lemmens, H., Aelst, P.V., Bulcke, M.V. and Smith, M., 1988, Irrigation scheduling information system. Laboratory of Land Management, Faculty of Agricultural Sciences, K.U. Leuven, Belgium, p 84-90.
- Rawls, W.J., Brakensiek, D.L., Elliot, W.J. and Laflen, J.M., 1990, Prediction of furrow irrigation final infiltration rate. Transactions of the ASAE, 33 (5), p 1601-1604.
- Ross, E.A. and Hedlund, J.D., 1991, Farm Irrigation Rating Index (FIRI). A procedure to evaluate both irrigation systems and management. ASCE 345 East 47 th Street, New York, p 24-30.
- Sakkas, J.G. and Strelkoff, T., 1974, Hydrodynamics of surface irrigation-advance phase. J. Irrig. and Drain. Div. ASCE, 100 (1), p 31-47.
- Santiago, R.B. and Antonio, M.D., 1984, Some geomorphological characteristics and infiltration capacities of the different land-uses at the Buhisan Watershed. Sylvatrop Philipp. For. Res. J., 9 (1-2), p 65-88.
- Saxton, K.E. and Cordery, I., 1988, Evapotranspiration research priorities for hydrology in the Next Decade. Transactions of the ASAE, 31 (2), p 485-489.
- Sencar, Ö., 1984, Değişik gübre seviyeleri ve sulama zamanlarının yulafta verim ve kaliteye etkileri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 15 (1-2), s 25-35.
- Serin, Y., 1991, Baklagil Yem Bitkileri Yetiştirme Tekniği. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri Çayır-Mer'a Yem Bitkileri ve Hayvancılığı Geliştirme Projesi Eğitim Semineri, 20-22 Şubat 1991, Erzurum, s 104-138.
- Serin, Y., Gökkuş, A. ve Savaş, M., 1991, Erzurum'da çayır, mer'a ve yem bitkilerinin problemleri ve çözüm yolları. Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Ens. Yayını, 11, s 1-55.
- Sevim, Z., 1984, Erzurum koşullarında ayçiçeğinin su tüketimi. Köy Hiz. Gen. Müd. Erzurum Topraksu Araştırma Ens. Müd. Yayını, 5, s 20-51.
- Sevim, Z., 1986, Erzurum koşullarında patatesin su tüketimi. Köy Hiz. Gen. Müd. Erzurum Araştırma Ens. Müd. Yayını, 11, s 21-40.
- Sevim, Z., 1988a, Erzurum koşullarında buğdayın su tüketimi. Köy Hiz. Gen. Müd. Erzurum Araştırma Ens. Müd. Yayını, 19, s 17-38.
- Sevim, Z., 1988b, Erzurum Pasinler koşullarında şeker pancarı sulama suyu miktarının açık su yüzeyi buharlaşmasından yararlanılarak saptanması.

- Doktora tezi, Köy Hiz. Gen. Müd. Erzurum Araştırma Ens. Müd. Yayını, 21, s 33-130.
- Sevim, Z., 1991, Erzurum koşullarında şeker pancarı azot-su ilişkileri. Köy Hiz. Gen. Müd. Erzurum Araştırma Ens. Müd. Yayını, 35, s 6-32.
- Sheaffer, C.C., Tanner, C.B. and Kirkham, M.B., 1988, Alfalfa Water Relations and Irrigation. Alfalfa and Alfalfa Improvement. American Soc. of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin, USA, p 373-402.
- Shockley, D.G., Woodward, H.J. and Phelan, J.T., 1964, A quise-rational method of border irrigation design. Transactions of the ASAE, 7(4), p 420-426.
- Skaggs, R.W., Huggins, L.E., Monke, E.J. and Foster, G.R., 1969, Experimental evaluation of infiltration equations. Transactions of the ASAE, 12, p 822-828.
- Skaggs, R.W., Miller, D.E. and Brooks, R.H., 1983, Soil Water Properties. Design and Operation of Farm Irrigation Systems. ASAE 2950 Niles Road St. Joseph, Michigan 49085, p 77-123.
- Smith, R.E., 1976, Approximations for vertical infiltration rate patterns. Transactions of the ASAE, 19 (3), p 505-509.
- Smith, M., 1992, Cropwat A Computer Program For Irrigation Planning and Management. FAO Organization of the United Nation, Rome.
- Sönmez, K., 1980, Horton, Kostyakov ve Philip infiltrasyon eşitliklerinin tarla koşullarında denenmesi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 242, s 3-47.
- Sönmez, N., Balaban, A. ve Benli, E., 1984, Kültürteknik. Ankara Üniv. Ziraat Fak. yayını, 911, s 150-300.
- Sönmez, K., 1987, Toprak ve Su Koruma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Notu, s 63-91.
- Swartzendruber, D. and Youngs, E.G., 1974, A comparison of physically-based infiltration equations. Soil Sci., 117 (3), p 165-167.
- Şahin, L., 1984, Aşırı su kullanımı ve taban suyu. I. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 15-18 Mayıs 1984, Adana, s 306-319.
- Şahin, Ü., 1991, Damla sulama yöntemi ve bu yöntemin diğer sulama yöntemleriyle karşılaştırılması üzerine bir araştırma. Y.Lisans tezi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum.

- Şimşek, G., 1993, Toprak Etüd ve Haritalama. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 146, s 40-77.
- Tahtacıoğlu, L., Duman, İ. ve Ünal, S., 1990, Erzurum çiftçi şartlarında patatete ideal sulama sayısı ve sulama aralığının tesbiti. Doğu Anadolu Tarımsal Araş. Ens. Yayını, 2, s 17-26.
- Tarboton, K.C. and Wallender, W.W., 1989, Field-wide furrow infiltration variability. Transactions of the ASAE, 32 (3), p 913-918.
- Tekinel, O. ve Benli, E., 1981, Türkiye' de su kullanımının düzenlenerek üretimin artırılması olanakları. Türkiye II. Tarım Kongresi, 19-22 Ekim 1981, Ankara, s 193-202.
- Tekinel, O., Çevik, B. ve Kamber, R., 1985, Sulama sistemlerinin değerlendirilmesi. DSİ Gen. Müd. İşletme ve Bakım Mühendisliği Semineri, 9-13 Eylül 1985, Enez-Edirne.
- Tosun, F., 1974, Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri Kültürü. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 123.
- Trout, T.J., 1991, Surface seal influence on surge flow furrow infiltration. Transaction of the ASAE, 34 (1), p 66-71.
- Ul, M.A., Tüzel, İ.H., Anaç, S., Kanber, R. ve Önder, S., 1992, Yüzey sulamada kesikli akış (surge flow) tekniğinin uygulanması. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, 24-26 Haziran 1992, Erzurum, s 36-48.
- Walker, W.R., Malano, H. and Replogle, J.A., 1982, Reduction in infiltration rates due to intermettent wetting. ASAE University of Wisconsin Madison, Wisconsin.
- Walker, W.R., 1989, Guidelines for Designing and Evaluating Surface Irrigation System. FAO Organization of The United Nations, Rome.
- Wilke, O.C. and Smerdon, E.T., 1969, A hydrodynamic determination of cutback stream sizes for irrigation furrows. Transactions of the ASAE, 12 (5), p 634-637.
- Wolfe, M.L., Larson, C.L. and Onstad, C.A., 1988, Hydraulic conductivity and Green-Ampt infiltration modeling for tilled soils. Transactions of the ASAE, 31 (4), p 1135-1140.

- Wu, I.P. and Liang, T., 1972, Optimal irrigation quantity and frequency. J. Irrig. and Drain. Div. ASCE, 98 (1), p 117-133.
- Yaşar, S. ve Anaç, S., 1988, Hidroloji. Teksir no: 60-1, Bornova-Izmir, s 1-52.
- Yazar, A., Tekinel, O. ve Kanber, R., 1987, En uygun sulama metodunu seçme yöntemi. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 2 (3), s 37-49.
- Yazar, A., 1989, Tuzluluk problemleri. Akdeniz Ülkeleri Pamuk Üretim Sistemleri, 17 Temmuz-25 Ağustos 1989, Adana.
- Yazar, A. ve Tekinel, O., 1989, Modern sulama sistemlerinin karşılaştırılması. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 4 (4), s 11-21.
- Yazar, A., Gençoğlan, C. ve Diker, K., 1990, Sulama sistemlerindeki son gelişmeler. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 5 (2), s 61-71.
- Yazar, A. ve Sezen, S.M., 1992, Karıklara otomatik su sağlamada yeni bir yöntem (cablegation). Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 7 (4).
- Yazar, A. ve Kanber, R., 1992, Fasilalı (surge) sulama. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Dergisi.
- Yazar, A., Kanber, R., Köksal, H., Önder, S. ve Sezen, S.M., 1992, Fasilalı sulamanın işletim ilkeleri. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 7 (3), s 139-152.
- Yıldırım, O., 1986, Sulama Teknolojisi Sorunları. Kültürteknîğe Giriş. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 996, s 77-93.
- Yıldırım, O., 1993, Bahçe Bitkileri Sulama Tekniği. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını, 1281, s 21-183.
- Zalidis, G.C., 1988, Experimental and theoretical analysis of capillary rise through porous media. Michigan State Universty E.Lansing, Michigan 48823.
- Zuzel, J.F., Pikul, J.L. and Rasmussen, P.E., 1990, Tillage and fertilizer effects on water infiltration. Soil Sci. Soc. Am. J., 54, p 205-208.