

**ASMADA TDR İLE GÖVDE SU
İÇERİĞİ VE ELEKTRİKSEL
İLETKENLİK ÖLÇÜMLERİYLE
SU STRESİNİN VE SULAMA
ZAMANININ BELİRLENMESİ**

Zafer COŞKUN

Doktora Tezi

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatih KONUKCU

2013

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**ASMADA TDR İLE GÖVDE SU İÇERİĞİ VE ELEKTRİKSEL
İLETKENLİK ÖLÇÜMLERİYLE SU STRESİNİN VE SULAMA
ZAMANININ BELİRLENMESİ**

Zafer COŞKUN

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Fatih KONUKCU

TEKİRDAĞ-2013

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Fatih KONUKCU danışmanlığında, Zafer COŞKUN tarafından hazırlanan “Asmada TDR İle Gövde Su İçeriği ve Elektriksel İletkenlik Ölçümleriyle Su Stresinin ve Sulama Zamanının Belirlenmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı’nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Selçuk ALBUT

İmza :

Üye : Prof. Dr. Fatih KONUKCU (Danışman)

İmza :

Üye : Doç. Dr. Bilal ACAR

İmza :

Üye : Doç. Dr. Yeşim ERDEM

İmza :

Üye : Doç. Dr. Elman BAHAR

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

Asmada TDR İle Gövde Su İçeriği ve Elektriksel İletkenlik Ölçümleriyle Su Stresinin ve Sulama Zamanının Belirlenmesi

Zafer COŞKUN

Namık kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Bu çalışmanın amacı asmada sulama sezonundaki tüm fenolojik evrelerde TDR (Time Domain Reflectometry) yöntemiyle ölçülen gövde su içeriği (θ_s) ve gövde elektriksel iletkenlik (EC_s) değerlerinin su stresinin ve sulama zamanının belirlenmesinde kullanılıp kullanılmayacağını ortaya koymaktır. Bu amaçla, 4 omca deneme alanına dikilmiş ve TDR ile her 30 dakikada bir ölçüm yapılacak şekilde donatılmıştır. TDR ölçümleri ile eşzamanlı olarak, toprak nem takibi, yaprak su potansiyeli, yaprak gaz değişimi ve infrared termometre ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Sulamalar nem takibine göre, kök bölgesindeki yarayışlı suyun % 70'i tüketildiğinde tarla kapasitesine tamamlanacak şekilde yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, asmada 2011 ve 2012 yılında, 1 Nisan – 15 Eylül tarihleri arasında yapılan θ_s ve EC_s ölçümleri ile toprak su içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir uyum tespit edilmiştir. Yaprak su potansiyeli, yaprak gaz değişimi ve infrared termometre ölçümleri de bu uyumu desteklemiştir. Böylece, ağaç gövdesi elektriksel iletkenlik veya direnç ölçümleri ile sulama zamanının planlanabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su stresi, asma, sulama zamanı, TDR, gövde su içeriği, gövde özsuyu elektriksel iletkenliği

2013, 78 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

Determination Water stress and Irrigation Time in Viticulture by Stem's Water Content and Electrical Conductivity Measurements by TDR

Zafer COŞKUN

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Fatih KONUKCU

The objective of this research was to investigate whether the stem's water content (θ_s) and electrical conductivity (EC_s) values measured by TDR (Time Domain Reflectometry) could be used to detect water stress and irrigation time in viticulture during whole irrigation season. With this aim, four trees of vine were planted in the research site and equipped with TDR measurement circuits to take the readings every 30 minutes. Stem temperature, soil water content, leaf water potential, leaf gas exchange and infrared thermometer measurements were also taken along with TDR measurements. Irrigation was applied when 70% of the available water was consumed in the specified root zone according to the soil moisture measurements to bring the soil to field capacity. According to the results, statistically significant relationship between the soil water content and EC_s and θ_s during the period of 1st of April -15th of September in 2011 and 2012, which were also supported by leaf water potential and infrared thermometer readings. Therefore, it was concluded that EC/resistance measurements can be used to detect water stress and schedule irrigation.

Keywords: Water stress, viticulture, irrigation time, TDR, stem's water content, stem's electrical conductivity, EC probe, prototype

2013, 78 Pages

ÖNSÖZ

“Asmada TDR İle Gövde Su İçeriği ve Elektriksel İletkenlik Ölçüleriyle Su Stresinin ve Sulama Zamanının Belirlenmesi” isimli doktora çalışmasını bana öneren, çalışmalarımın her aşamasında bana yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen, Değerli Hocam Sayın Prof. Dr. Fatih KONUKCU’ ya; doktora çalışmama başlamamda verdiği destek ve çalışmam sırasındaki yardımları için sayın Dr. Arzu GÜNDÜZ’e; projenin yürütülmesinde görevli proje ekibine, proje ekibinde yer almamalarına rağmen deneme düzeneğinin kurulmasında, yazılımların oluşturulmasında verdiği katkılar için Öğretim Görevlisi Ertuğrul

Karakulak ve Öğretim Görevlisi Ersoy Mevsim'e, çalışmamın yürütülmesinde gerekli tüm kolaylığı sağlayan Tekirdağ Bağcılık Araştırma İstasyonu Müdürlüğüne, çalışmama maddi destek veren TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca doktora çalışmam sırasında her zaman yanımda olan maddi ve manevi desteğini hiç eksik etmeyen sevgili eşim Bilge'ye ve çalışmam sırasında oyun zamanlarından aldığım biricik oğlum Ege'ye sonsuz teşekkür ederim. Bu çalışmamı oğlum Ege COŞKUN'a ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	6
2.1. Dünyada ve Ülkemizde Su Potansiyeli ve Gelecekteki Durumu.....	6
2.2. Ülkemizde Bağcılığın Mevcut Durumu ve Bağcılıkta Sulamanın Önemi.....	8
2.3. Sulama Programlamasında Kullanılan Yöntemler.....	10
2.3.1. Toprak Su İçeriğinin Ölçümü.....	10
2.3.2. Bitki Su Stresi Belirteçleri.....	24
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
3.1. MATERYAL.....	34
3.1.1. Araştırma Alanının Yeri.....	34
3.1.2. Toprak Özellikleri ve Topografya.....	34
3.1.3. Su Kaynağı ve Sulama Suyunun Sağlanması.....	35
3.1.4. Bitki Materyali.....	35
3.1.5. TDR Seti.....	36
3.1.6. Bilgisayar ve Gerekli Yazılımlar.....	37
3.1.7. Kontrol Ünitesi ve Muhafaza Kulübesi.....	37
3.1.8. Fotosentez Analyzer.....	38
3.1.9. İnfrared Termometre.....	39
3.1.10. Islak ve Kuru Termometre.....	39
3.1.11. Basınç Odası (Pressure Chamber).....	39
3.1.12. İstatistik Programı.....	40
3.2. YÖNTEM.....	40
3.2.1. Denemenin Dizayını.....	40
3.2.2. Ağaç Gövdesi Su İçeriği (θ_s) Ve Elektriksel İletkenlik (EC_s) Ölçüm ve Düzeneklerinin Hazırlanması.....	41

3.2.3. Toprak Nem Takibi ve Sulama.....	43
3.2.4. Yaprak Gaz değşimi (Fotosentez , Transpirasyon ve Stoma İletkenliği) Ölçümü..	44
3.2.5. Yaprak Yüzeyi (Taç) Sıcaklığı Ölçümü.....	44
3.2.6. Yaprak Su Potansiyeli Ölçümü.....	45
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	46
4.1. İklim Verileri.....	46
4.2. Fenolojik Evreler.....	49
4.3. Toprak Nem Takibi ve Sulama.....	49
4.4. Gövde Su içeriği ve Elektriksel İletkenlik Ölçüm Sonuçları.....	53
4.5.Toprak Su İçeriği- Gövde Özsuyu Elektriksel İletkenliği İlişkisi.....	55
4.6. Yaprak Gaz değşimi (Fotosentez , Transpirasyon ve Stoma İletkenliği) Ölçümü....	56
4.7. Yaprak Taç Sıcaklığı Ölçüm Sonuçları.....	62
4.8. Yaprak Su Potansiyeli Ölçüm Sonuçları.....	64
4.8. Çalışmada Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması.....	65
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
6.KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	78

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

θ_s	: Asma gövdesi hacimsel su içeriği (%)
EC_s	: Asma gövde suyu elektriksel iletkenliği (dS/m, mS/m)
CWSI	: Bitki su stresi indeksi
W_w	: Toprak örneğinin yaş ağırlığı (g)
W_d	: Toprak örneğinin kuru ağırlığı (g)
K_{a_b}	: Dielektrik sabitesi
K_{a_w}	: Suyun dielektrik sabitesi
K_{a_s}	: Toprağı oluşturan bileşenlerin dielektrik sabitesi
K_{a_a}	: Havanın dielektrik sabitesi
C	: Elektromanyetik dalganın bir boşluktaki hızı
L	: Toprak içerisinde gömülü olan iletim hattının uzunluğu
t	: Sinyalin dolaşım süresi
SDD	: Stres gün derece
SDI	: Stres gün indeksi
SDD_c	: Kritik stres-derece-gün değeri
T_c	: Bitki yaprak sıcaklığı
T_a	: Hava sıcaklığı
SD	: Stres gün etmeni
CS	: Bitki duyarlılık etmeni
E	: Gerçek evaporasyon
Ed	: Potansiyel evaporasyon
x	: Tam sulanan tarık konudan elde edilen pazarlanabilir ürün miktarı
m	: Gelişmenin herhangi bir döneminde su gerilimi ile karşılaşılan konudan elde edilen ürün
VDP	: Atmosferin buhar basıncı açığı
T_c-T_a	: Bitki taç sıcaklığı ve hava sıcaklığı arasındaki fark
ρ	: Havanın yoğunluğu
c_p	: Sabit basınçta havanın özgül ısısı
r_a	: Taç aerodinamik direnç
r_c	: Taç difüzyon direnci
Δ	: Doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Su Deposu.....	35
Şekil 3.2.	Italia Sofralık Üzüm Çeşidi.....	36
Şekil 3.3.	TDR 100 Ve 3 Rotlu Probe.....	37
Şekil 3.4.	Kontrol Ünitesi Ve Muhafaza Kulübesi.....	38
Şekil 3.5.	Licor 6400XT Fotosentez Analyzer.....	38
Şekil 3.6.	İnfrared Termometre.....	39
Şekil 3.7.	Basınç Odası.....	40
Şekil 3.8.	TDR Probenun Asmaya Monte Edilme Şekli.....	41
Şekil 3.9.	Omcaların Etrafına Açılan Sulama Çanakları.....	43
Şekil 4.1.	2011-2012 Yılı Maksimum, Ortalama, Minimum Sıcaklık(°C) Değerleri.....	47
Şekil 4.2.	2011-2012 Yılı Yağış (mm) Değerleri.....	48
Şekil 4.3.	0-30 cm Toprak Profil Derinliğinde Nem Değişimi.....	50
Şekil 4.4.	30-60 cm Toprak Profil Derinliğinde Nem Değişimi.....	50
Şekil 4.5.	60-90 cm Toprak Profil Derinliğinde Nem Değişimi.....	51
Şekil 4.6.	Toprak Nem Değişimi (0-90cm), Sulama Ve Yağış Değerleri.....	52
Şekil 4.7.	Asma İçin Toprak Su İçeriği (Ağırlık Yüzdesi), Ağaç Gövdesi Su İçeriği (Hacim Yüzdesi) ve Gövde Özsuyu Elektriksel İletkenlik (mS/m) Değerlerindeki Değişimler.....	54
Şekil 4.8.	Asmada Toprak Su İçeriği İle Gövde Özsuyu Elektriksel İletkenlik Değerleri Arasındaki İlişki.....	56
Şekil 4.9.	Bağda 2011 Ve 2012 Yıllarında Elde Edilen Fotosentez Ölçüm Sonuçları...	57
Şekil 4.10.	Stoma İletkenliği Ölçüm Sonuçları.....	58
Şekil 4.11.	Transpirasyon Ölçüm Sonuçları.....	59
Şekil 4.12.	Fotosentez – Stoma İletkenliği İlişkisi.....	60
Şekil 4.13.	Stoma Direnci- Transpirasyon İlişkisi.....	61
Şekil 4.14.	Asma Bitkisi İçin Minimum Stres Koşullarında Yaprak-Hava Sıcaklığı Farkı (T_c-T_a) İle Buhar Basıncı Açığı (VPD) Arasındaki İlişki.....	61
Şekil 4.15.	Asma Bitkisi İçin Optimum Konuya İlişkin CWSI Değişimleri.....	62
Şekil 4.16.	Yaprak Su Potansiyeli Ölçüm Sonuçları.....	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Toprağın Farklı Profil Derinleri İtibarı İle Fiziksel Özellikleri.....	34
Çizelge4.1.Asma Fenolojik Evreleri Başlangıç Tarihleri Sayısı.....	49
Çizelge 4.2 Bağda 2011 ve 2012 Yıllarında Yapılan Sulama Sayısı, Tarihleri ve Toplam Verilen Sulama Suyu Miktarları.....	53

1.GİRİŞ

Halen dünya nüfusunun % 40'ını barındıran bir bölgede su krizi yaşanırken, önümüzdeki 15 yıl içinde bu oranın %60'a ulaşacağı, hatta günümüzde su zengini sayılabilecek bir çok ülkenin (Kanada, ABD-California, Çin gibi) gelecekte su sıkıntısı yaşayabileceği öngörülmektedir (UN/WWAP 2003, Thayalakumaran ve ark. 2007). Dünyada olduğu gibi ülkemizde de yenilenebilir tatlı su kaynaklarının yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ü, % 40 civarında su kullanım randımanı ile tarımsal amaçlı olarak kullanılmaktadır. Tarımsal amaçlı kullanılan sudan %10-15 tasarruf tüm evsel amaçlı kullanılan suya karşılık gelmektedir (Shiklomanov 1990). Tasarruf edilen bu su diğer sektörlerde kullanılabilir veya ekstra tarım alanı sulama imkanı sağlar. Aksi takdirde, su kayıpları tuzlulaşma ve taban suyu problemleri oluşturmaya, toprakların verim gücünü düşürmeye, yeraltı ve yüzey sularını kirletmeye devam edecektir. Bitkilerin ihtiyaç duyduğu zamanda ve ihtiyaç duyduğu kadar bir sulama ile bu olumsuz gidişat önemli ölçüde yavaşlatılabilir. Bu nedenle, sulama zamanının planlanmasında hassas ve güvenilir, basit, ucuz, otomatize edilebilir ve bitki su stresini direkt olarak belirleyen bir yöntemin önemi çok büyüktür. Böyle bir yöntem yukarıda belirtilen olumsuzlukları ortadan kaldırdığı gibi yüksek kalite ve verimde de sürekliliği sağlamaya yardımcı olur.

Huygen ve ark. (1995) iyi bir sulama yönetiminin amaçlarını; i) net karı maksimize etmek, ii) sulama maliyetini minimize etmek, iii) verimi maksimize etmek, iv) kısıtlı su kaynağını optimum dağıtmak ve v) yer altı suyu kirlenmesini minimize etmek olarak sıralamıştır. Bu amaçları gerçekleştirmek için, sulama programını hazırlarken ('hangi ürünler sulanmalı' ve 'ne zaman ve ne kadar su uygulanmalı' (Hess 1996) sorularına en uygun yanıtı ararken), fazla suyun ürün kalite ve miktarına olumsuz etki yaptığı göz ardı edilmemelidir (Deumier ve ark. 1996).

Sulama programlarının hazırlanmasında, toprak su içeriğinin ölçümü, toprak su bütçesi, iklimsel veriler, bitki su stresi belirteçleri gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler bazen basit ampirik yöntemlerle bazen de karmaşık modellerle birlikte ele alınmaktadır. Yine bu metotlardan bir kısmı çiftçi kullanımına sunulurken bir kısmı da araştırmalarda enstrüman olarak kullanılmaktadır (Hill ve Allen 1996). Bu yöntemleri daha kolay, daha ucuz, daha hassas ve daha yaygın kullanılabilir duruma getirmek amacıyla çok sayıda araştırma yapılmış ve yapılmaktadır. Yapılan araştırmalar bu yöntemlerin her birisinin avantajlı ve kısıtlayıcı yönlerinin bulunduğunu ancak geliştirilebileceğini ortaya koymuştur.

Toprak suyu, bitkilerin su statüsünü ve bitki gelişimini direkt olarak kontrol etmektedir. Toprak suyunun bitkilere elverişliliği iki şekilde belirlenebilir: toprak su içeriğini ve suyun toprak tarafından ne kadar bir kuvvetle tutulduğunu (matrik potansiyel) ölçmekle. Gardner ve ark (2001) ve Kirkham (2004) toprak neminin ölçüm yöntemlerini ve sulama programlamasında nasıl kullanılacağını ayrıntılı olarak tartışmışlardır. Araştırmacılar, hangi şekilde ifade edilirse edilsin ve hangi teknik kullanılırsa kullanılsın, toprak nem takibine göre sulama programlamasında karşılaşılan en büyük problemin yersel farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Itier ve ark. (1996) toprak nem takibine göre sulama programlamasında çalışmaların i) güvenli, basit, ucuz, ve otomatik nem ölçüm cihazlarının geliştirilmesi ve ii) yersel farklılıkları ortadan kaldırmak amacıyla kablosuz akıllı ölçüm tekniklerinde yoğunlaşması gerektiğini vurgulamıştır.

Bitki köklerinin yayıldığı tüm toprak hacmindeki nem içeriği takip etme yerine, direkt bitkilerin kendinden de sulama zamanının geldiğine dair belirtileri takip etmek mümkündür. Her hangi bir bitkinin ne zaman sulanması gerektiğini, ne toprak su içeriği, ne de atmosferik istem, bitkinin kendi içsel su durumu kadar doğru belirtemez. Bu nedenle, bitkinin içsel su durumunu belirlemeye yönelik yöntemler sulama programlarının hazırlanmasında yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır (Reginato ve Howe 1985, Yazar 1993). Ancak burada ne kadar su uygulanacağı değil ne zaman sulama yapılacağı sorusuna cevap bulunabilir. Bu belirti, ya bir bitkiden (bu durumda doğru bir örnekleme yapılması gerekir) veya tüm bitki örtüsünden takip edilebilir. Bir bitkiden su stresinin takip edilmesi, ağaç dallarının çaplarındaki değişim, yaprak su potansiyeli, su akışı (sap flow) ve gövde su içeriği ölçümü gibi yöntemlerle yapılmaktadır. Taç alanı üzerinde ise sıcaklık ölçümleri ve radyasyon ölçümleri yapılmaktadır (Jones ve ark. 1989).

Ağaç dallarının çaplarındaki değişime göre sulama zamanının nasıl belirleneceği Deumier ve ark. (1996)'de bahsedilmiştir. Yöntemde ortalama çap gelişiminin ve günlük değişimin dikkatle analiz edilmesi gerekmektedir (Huguet ve ark. 1992). Basit bir yöntemdir ve sensörler veri kaydedicilere bağlanabilir. Buradaki esas problem, aşırı su uygulandığında veya su stresi altında kaldığında bitkiler aynı tepkiyi gösterebilmektedirler. Bunun yanında bitkiler aşırı strese maruz kalmalarına rağmen, stomaların kapanması nedeniyle, çok az tepki göstermektedirler. Günlük değişimler bitkiden bitkiye ve türden türe göre değişmektedir. Yöntemin çiftçilere tavsiye edilmesi için tüm bitkilerin tepkilerinin ayrı ayrı çalışılması gerekmektedir (Deumier ve ark. 1996).

Yaprak su potansiyeli de ölçülerek sulama zamanı belirlenebilmektedir. Buğday, domates, ayçiçeği gibi *anisohydric* bitkilerde yaprak turgoru (veya dolayısıyla yaprak su potansiyeli) topraktaki su potansiyelinin düşmesiyle birlikte düşer (Jones 2007). Bu tür bitkilerde *pressure chamber* ile yaprak su potansiyeli ölçümlerine göre sulama zamanı belirlenebilir. *Pressure chamber* ile ölçüm yapmak çiftçiler açısından çok zordur, pahalıdır ve otomatize edilemez (Itier ve ark. 1996). Bu yöntem, araştırma amaçlı kullanılmaktadır. Diğer taraftan mısır ve sorgum gibi *isohydric* bitkilerde, toprak su potansiyeli düşmeye (kurumaya) devam etse bile, yaprak su potansiyeli veya nem içeriği değişmemekte, bitkiler kendini stomalarını açıp kapamak suretiyle kontrol etmektedirler. Bu nedenle *isohydric* bitkilerde su potansiyeline bağlı olarak su stresini belirlemek doğru değildir. Asma gibi bazı bitkilerde her iki durumda olan çeşitler mevcuttur (Jones 2007).

Su akışı (sap flow) ölçümü ile sulama zamanının belirlenmesi, stres altındaki bitkiler ile iyi sulanmış bitkiler karşılaştırılarak açıklanmaktadır (Valancogne ve Nasr 1989). İki farklı teknik kullanılmaktadır: i) su akış yoğunluğu (Cohen ve ark. 1981) ve ii) toplam akış (Sakuratani 1981). Bu tekniklerden birincisinde suyun iletildiği dokuların kesit alanının bilinmesine ihtiyaç vardır. İkincisinde ise sadece küçük ağaçlardaki transpirasyonu ölçmede kullanılmaktadır.

Yaprak taç yüzeyi sıcaklığı ile hava sıcaklığı farkı ve havanın buhar basıncı açığından yararlanarak bitki su stresi indeksi (CWSI) geliştirilerek sulama zamanına karar verilmektedir. Idso ve ark. (1981) bir model kalibre etmiştir. Bu yöntemde iklim şartlarının hızlı değişmediği açık hava koşullarında ve tam gelişmiş bitkilerde tavsiye edilmektedir (Jackson ve ark. 1981, Idso ve ark. 1981). Bu yöntem ülkemiz araştırmacıları tarafından da yaygın olarak çalışılmıştır (Yazar ve ark. 1999, Gençoğlan ve Yazar 1999). Çok yaygın olmayıp, araştırma bazında bitki köklerinden su stresini belirleyen sensörler de mevcuttur. Ancak pratik kullanım alanına sahip değildir (Kramer 1995).

Sulama programlarının hazırlanmasında, model çalışmaları da oldukça yaygındır. Bu amaçla iki tip model sunulmaktadır: i) toprak su bütçesine dayanan ve nem içeriği belirlenen eşik bir değere düştüğü zaman sulama başlama tarihini ve sulama miktarını tahmin eden modeller (Cavazza ve ark. 1996) ve ii) bitkilerin farklı fenolojik devrelerinde maruz kaldığı su stresini dikkate alarak bitki gelişiminin ve veriminin simüle edildiği mekanistik modeller (EPICPHASE: Cabelguenne ve ark. 1996). Ancak modeller araştırmacılar ve danışmanlık yapan firmalar tarafından kullanılmakta olup, çiftçiler için yaygın değildir.

Yukarıdaki belirtilen özellikleri taşıyan (ekonomik, çiftçiler tarafından da kolayca kullanılabilir, otomatize edilebilir) bir yöntem arayışı kapsamında, TDR ile ağaç gövdesi su içeriği ve gövde özsuyu elektriksel iletkenliği ölçülerek, su stresi ile ilişkilendirilmekte ve sulama zamanı planlanmaktadır.

Ağaç gövdesi su içeriğini belirleme ile ilgili ulaşılan ilk çalışma Clark ve Gibbs (1957) tarafından Kanada orman ağaçlarında gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Constantz ve Murphy (1990), Wullschleger ve ark. (1996) ve Irvine ve Grace (1997) sulama amaçlı olmasa da ağaç gövdelerinin su içeriğini takip etmede TDR teknolojisini başarı ile kullanmışlardır. Nadler ve ark. (2006) faklı su stresi, tuzluluk ve kısmi kök sulaması uygulamaları ile mango bitkisinin gövde su içeriğindeki değişimleri TDR yöntemiyle izlemiştir. TDR yönteminin pahalı ve çiftçi kullanımı açısından karmaşık bir yöntem olması nedeniyle, Nadler (2004) gövde su içeriği ölçümü yerine daha ucuz ve kolay bir yöntem olan elektriksel iletkenlik metodunun kullanılıp kullanılmayacağını araştırmış ve gövde su içeriği ile elektriksel iletkenliği arasında iyi bir ilişki bulmuştur. Nadler ve Tyree (2008) bu araştırma sonuçlarını test etmek amacıyla Kanada'da çalı formundaki kesilmiş ağaç gövdeleri üzerinde birçok denemeden sonra gövde özsuyu elektriksel iletkenliğinin sulamada kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar hem su içeriği hem de elektriksel iletkenlik ölçümlerinde kullanılan TDR problemlerinin özellikleri hakkında (rot uzunluğu, aralığı, ağaç gövdesindeki pozisyonu v.s.) bilgi sunmuşlardır. Nadler ve ark. (2008) ilk kez canlı meyve ağaçlarında (mango, zeytin, muz, hurma) su stresini belirlemede gövde su içeriği ölçümü yerine elektriksel iletkenliğin kullanılabilme olanaklarını belirlemek amacıyla, 100 litrelik saksılarda perlit ortamında bir çalışma yürütmüşlerdir. EC değerlerinin su içeriğine göre daha hızlı tepki verdiği ve daha hassas olduğu sonucuna varmışlardır. Ancak bu yöntem başka bitkilerde ve tarla şartlarında henüz test edilmemiştir. Bitkilerde oluşturulan su stresleri, normal sulama koşullarında meydana gelebilecek stresden çok daha fazla olup, solma noktası civarına kadar düşmekte veya ani tuzlu su uygulamaları ile bitkilerin tepkileri ölçülmüştür.

Eğer bu ilişki çok sayıda meyve türü için birçok parametre ile birlikte (fenolojik devre, su kalitesi, su stresinin derecesi, iklimsel çevre koşulları, v.s.) test edilirse, meyve ağaçları için su stresi veya sulama zamanı θ_s yerine EC_s ölçümleri (veya drenci) ile gerçekleştirilebilecektir. EC veya direnç ölçüm yöntemi ucuz (TDR'ın %3'ü), basit ve otomatize edilebilir direkt bir yöntemdir. Henüz ağaç gövdesi EC' sini ölçebilecek bir EC probu mevcut değildir.

Bu çalışmanın amacı; TDR yöntemi kullanarak, tarla şartlarında ve gerçek sulama koşullarında, asmanın sulama sezonundaki tüm fenolojik evrelerde su stresi altında EC_s ile θ_s arasındaki ilişkisini ortaya koymaktır.

Bu çalışma ile erişilmek istenen sonuçlar ise, asmada su stresini veya sulama zamanını belirlemede θ_s yerine EC_s ' nin kullanılıp kullanılmayacağını ortaya koymak; EC_s ' in kullanılabilirliği durumunda, EC_s ile sulama zamanı ilişkisini belirlemek; ve asmada ve meyve ağaçlarında su stresini belirlemek amacıyla gelecekte üretilebilecek bir EC probunun teknik özelliklerinin belirlenmesine nasıl katkıda bulunulacağını değerlendirmektir.

Çalışma kapsamında TDR verileri, toprak nem değerleri yanında, yaprak su potansiyeli, bitki su stres indeksi ve yaprak gaz değişimi ölçümleri ile karşılaştırılarak, TDR verilerinin güvenilirliği değerlendirilecektir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Araştırmanın konusu doğrultusunda literatür özetleri konu başlıklarına göre gruplandırılarak, dünyada ve ülkemizde su potansiyeli ve gelecekteki durumu, ülkemizde bağcılığın mevcut durumu ve sulamanın bağcılıkta önemi, sulama programlamasında kullanılan yöntemler alt başlıkları halinde incelenmiştir.

2.1.Dünyada ve Ülkemizde Su Potansiyeli ve Gelecekteki Durumu

Su insanlık için hayati öneme sahip, yenilenebilir ancak oldukça sınırlı bir kaynaktır. Dünya yüzeyinde toplam tuzlu ve tatlı su olmak üzere 1.400.000.000 km³ su bulunmaktadır. Bu miktarın yalnızca 350.000.000 km³'ü tatlı su kaynaklarından oluşmakta ve toplam su miktarının % 2,5'ine karşılık gelmektedir. Kısıtlı tatlı su kaynaklarının yaklaşık % 70 gibi büyük bir kısmı buzullar ve dağlık bölgelerdeki kalıcı karlarda yer almakta, % 30 yer altı suyu formunda bulunmakta ve sadece yaklaşık % 0,3 küçük bir kısmı yeryüzünde nehir ve göllerde yer almaktadır. İnsanoğlu ve ekosistem için toplam kullanılabilir yıllık tatlı su miktarı 200.000 km³ olup, bu da toplam tatlı su kaynaklarının % 1'den daha az bir miktara tekabül etmektedir (UNEP 2008). Ülkemizin de yıllık yenilenebilir yerüstü ve yeraltı tatlı su kaynağı olarak 112 km³ su potansiyeline sahiptir (DSİ 2013).

Yapılan çalışmalar kısıtlı olan tatlı su kaynaklarına olan ihtiyacın her geçen gün artmakta olduğunu ortaya koymaktadırlar. FAO (2008) ve UNWATER (2008) verilerine göre içerisinde bulunduğumuz yüzyılda tatlı su kullanım oranı nüfus artış oranının iki katından daha yüksek bir oranda artış göstermiştir. Yaklaşık 6,3 milyar dünya nüfusu, yenilenebilir yüzey ve yer altı su kaynaklarının %54'ünü kullanmakta, 2025'te bu değer %90'e yükseleceği öngörülmektedir (UN/WWP 2003). Yani 2025'ten sonra ekolojik fonksiyonlar için neredeyse hiç su kalmayacaktır. Dünyada 1,1 milyar insan yeterli su bulamazken, 2,5 milyar insanın sağlıklı suya ulaşamadığını belirtmiştir. Önümüzdeki 50 yıl içinde verilen rakamlara ilaveten gelişmekte olan ülkelerde 1 milyar insan daha susuz kalacaktır. Yetersiz sanitasyon ve hijyen nedeniyle 400 milyon okul-çağı çocuğun 160 milyonu (%40) karın ağrısı ve barsak enfeksiyonlarına katlanmakta, her yıl 2 milyonun üzerinde ölüm gerçekleşmektedir. Buna yeterli su olamadığı için gıda üretiminin sınırlı kalması ve açlıktan dolayı ölümler de eklendiğinde yılda ölen insan sayısı 40 milyonu aşmaktadır (Prinz 2004). Yirminci yüzyıl içinde dünya nüfusu 3, su kullanımı ise 6 kat artmıştır. Bu değişiklik çevreye çok ağıra mal

olmuştur. Su kirliliği hiç görülmemiş boyutlara ulaşmış ve daha fazla insan yeterli ve kaliteli su bulamaz duruma düşmüştür (Konukcu ve ark. 2007).

Ülkemiz ise, mevcut su potansiyeli durumu göz önüne alınarak kişi başına düşen yıllık su miktarına göre yapılan sınıflandırmada, su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519 m³ civarındadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1.120 m³/yıl civarında olacağı tahmin edilmektedir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca bütün bu tahminler mevcut kaynakların 20 yıl sonrasına hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir (DSİ 2012). Aksi durumda ülkemizin 20-30 yıl sonrasında kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı sınıflandırmasına göre su azlığı yaşayan bir ülke konumundan su fakirliği çeken bir ülke konumuna dönüşmesi söz konusu olacaktır.

Var olan tatlı su kaynaklarının sektör bazında kullanımı incelendiğinde % 70 gibi yüksek bir oranda suyun tarımsal sulamada kullanıldığı, daha sonra % 22 ile endüstride ve % 8 ile de evsel ihtiyaçlarda kullanıldığı görülmektedir (UN/WWAP 2009). Mevcut su potansiyeli üzerine nüfus artışının ve suyu kullanan farklı sektörlerin etkilerinin yanında küresel iklim değişikliği de önemli bir tehdit unsuru oluşturmaktadır. Yıllık ortalama 1-2 °C'lik sıcaklık artışı ile birlikte meydana gelecek % 10 civarında bir yağış azalması bile, su kaynaklarında yılda ortalama olarak % 40-70 azalmaya neden olabilecektir (Postel 1999). İklimsel senaryolar küresel ısınmadan dolayı kuraklık ve susuzluğun dünya genelinde artış göstereceğini ve ülkemizi de olumsuz etkileyerek geleceğimiz açısından büyük bir tehdit olacağını ortaya koymaktadır. Yapılan tahminlerde, 2050 yılı itibarı ile bölgemizde sıcaklığın kış aylarında ortalama 2 °C; yaz aylarında ise 2-3 °C artacağını ve buna bağlı olarak da yağışların %15-25 civarında azalacağını göstermektedir (Kadioğlu ve Şaylan 2004).

Geleceğe yönelik yapılan tahminlerden anlaşılacağı üzere gelecekte suyun temininde ve kullanımında zorlukların mevcut koşullara göre katlanarak artış göstereceği ve bu nedenle su kullanımında tasarruf sağlayıcı tedbirlerin uygulanması gerektiği anlaşılmaktadır. Sektör bazında en fazla suyu kullanan tarım kesiminin su kullanımında sağlayacağı %10-15 bir tasarrufla evsel ihtiyaçlarda kullanılan suyun karşılanabilmesi mümkündür. Ancak bu tasarruf tarımsal sulamaların iyi bir şekilde programlanması ve uygulanması ile mümkün olabilir. Bu amaca ulaşmak için tarımsal sulamalarda uygulanacak sulama programının belirlenmesinde

kullanılacak yöntemler büyük bir önem arz etmektedir. Bu nedenle seçilen yöntemlerin; bitkinin içerisinde bulunduğu stres koşullarını doğru şekilde yansıtan, çevre dostu, kullanımı kolay ve otomotize edilebilir nitelikte olması gerekmektedir.

Ülkemizde ve yöremizde bağcılık önemli tarım kollarından birisi olup son yıllarda bağcılık tarımına olan ilgi de artışlar gözlenmektedir. Bağ yetiştiriciliğinde modern telli terbiye sistemlerinin kullanılması ile birlikte asma taç sistemi büyümekte ve asmanın suya olan ihtiyacı artış göstermektedir. Bu da bağ sulama programlarının oluşturulmasını ve bağ-su ilişkilerinin incelenmesi beraberinde getirmektedir.

2.2. Ülkemizde Bağcılığın Mevcut Durumu ve Bağcılıkta Sulamanın Önemi

Ülkemiz bağcılık tarımı için dünyanın en önemli iklim kuşağı üzerinde bulunmakta olup, son derece eski ve köklü bir bağcılık kültürüne sahiptir. Ayrıca ülkemiz asmanın önemli gen merkezlerinden birisidir ve yaklaşık olarak ülkemize has 1200 üzüm çeşidi bulunmaktadır (Boz ve ark. 2009). TÜİK 2010 verilerine göre ülkemizde 478.000 ha bağ alanında 4.255.000 ton üzüm üretimi yapılmaktadır. FAO 2010 yılı verilerine göre de Dünya’da bağ alanları bakımından ülkemiz İspanya, Fransa, İtalya ve Çin’in ardından 5. sırada yer almakta, üzüm üretimi bakımından ise İtalya, Çin, ABD, İspanya, Fransa’dan sonra 6. sırada yer almaktadır. Tekirdağ ilimizde ülke bağcılığı açısından önemli bir yere sahip olup, 42.018 da alanda 40.851 ton üzüm üretimi yapılmaktadır (TÜİK 2010).

Vitis vinifera L. kültür çeşidi, ekolojik istekleri mezofit bitki grubu arasında kuraklığa karşı dirençli bir bitki olmasıyla bilinmektedir. Kurak koşullara orta derecede dayanıklı türler arasında yer almasına rağmen, asma da toprakta ya da atmosferde meydana gelen su noksanlığından etkilenmektedir (McKersie ve Leshem 1994). Özellikle etkili kök derinliğinde faydalı su kapsamının % 65 ile % 55'e düşmesi bitkiyi su stresine maruz bırakmaktadır (Çelik ve ark. 1998). Bunun sonucunda asmalarda kök, sürgün ve yaprak büyümesi engellenmekte, verim azalmakta (Hofäcker 1977, Düring 1979, Kliewer ve ark. 1983, Fanizza ve Ricciardi 1990, McCarthy 1993) üzümün olgunluk değerleri ve hasat zamanında arzu edilmeyen değişiklikler olduğu gibi, meyve ve şarap kalitesi de olumsuz yönde etkilenmektedir (McCarthy 1993, Poni ve ark. 1993, 1994). Hatta bir yıl önce yaşanan şiddetli bir kuraklık periyodu, bir sonraki vejetasyonun verimi üzerine de etkili olmaktadır (Matthews ve Anderson 1989).

Çevik ve ark. (1997)' na göre asma normal bir vejetatif büyüme ve olgunluk için toprakta belli bir miktar suya ihtiyaç göstermektedir. Yüksek buharlaşma ve düşük faydalı nem koşullarında; yetersiz ve zayıf göz uyanması, sürgün büyümesinde duraklama, anormal kısa boğum araları, zayıf tane tutumu, yapraklarda erken sararma ve dökülme, yetersiz odunlaşma gibi belirtiler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca renklenme, tane büyüklüğü ve olgunlaşmada heterojenlik dikkati çekmektedir. Tülücü ve Tekinel (1981)'in Smart ve ark. (1974)'a dayanarak verdikleri bilgilere göre; tanelerde ben düşme döneminden önce su eksikliği olursa, bu dönemden sonra sulama ile tanelerin normal büyüklüğüne erişemediğini, sürgün büyümesinin su eksikliğine karşı büyük duyarlılık gösterdiğini ve en fazla su tüketiminin sofralık üzümlerde daha sonra şaraplık ve kurutmalık üzümlerde olduğunu belirtmişlerdir.

Bağ alanlarında sulama yapılması, gerek bitkinin kök sistemi, gerekse bağcılık yapılan bölgelerde genelde yağışın yeterli olması nedeniyle biraz ihmal edilmiştir (Jakson ve Schuster 1981). Ancak bağcılığın ekonomik yapılması, yağışın mevsimlere dağılımının düzenli olmasına bağlıdır. Kocamaz ve ark. (1983)'na göre asmanın göz uyanması öncesinde 150 mm'den fazla; ilkbaharda 200-250 mm; yazın ise 80-150 mm yağışa gereksinimini bulunmaktadır. Bu yağışın toprakta muhafazası için gerekli toprak işlemlerinin de yapılması gerekmektedir. Ecevit ve İltter (1976), vejetasyon döneminde 300-350 mm'den daha az yağış alan yerlerde sulamanın gerekliliğine dikkati çekmiştir. Sağlam ve ark. (2005) bölge koşullarında, yağışların yıl içersinde ve değişik yıllar arasındaki düzensiz dağılımının, son yıllarda yaşanan aşırı kuraklıklar ve toprağın olumsuz etkileri nedeniyle omcaların vejetasyon döneminin ikinci yarısında toprak kuraklığına maruz kaldığını ihtiyaç duyulan suyun sulama yoluyla sağlanması gerektiğini bildirmişlerdir.

Bağdan sulama yoluyla beklenen faydaların elde edilebilmesi için uygun bir sulama programlamasının tercih edilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Huygen ve ark. (1995) iyi bir sulama yönetiminin amaçlarını; i) net karı maksimize etmek, ii) sulama maliyetini minimize etmek, iii) verimi maksimize etmek, iv) kısıtlı su kaynağını optimum dağıtmak ve v) yer altı suyu kirlenmesini minimize etmek olarak sıralamıştır. Bu amaçları gerçekleştirmek için, sulama programını hazırlarken ('hangi ürünler sulanmalı' ve 'ne zaman ve ne kadar su uygulanmalı' sorularına en uygun yanıtı ararken), fazla suyun ürün kalite ve miktarına olumsuz etki yaptığını göz ardı edilmemelidir (Deumier ve ark. 1996).

2.3. Sulama Programlamasında Kullanılan Yöntemler

Sulama programlarının hazırlanmasında, toprak su içeriğinin ölçümü, toprak su bütçesi, iklimsel veriler, bitki su stresi belirteçleri gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler bazen basit ampirik yöntemlerle bazen de karmaşık modellerle birlikte ele alınmaktadır. Yine bu metotlardan bir kısmı çiftçi kullanımına sunulurken bir kısmı da araştırmalarda enstrüman olarak kullanılmaktadır (Hill and Allen 1996). Bu yöntemleri daha kolay, daha ucuz, daha hassas ve daha yaygın kullanılabilir duruma getirmek amacıyla çok sayıda araştırma yapılmış ve yapılmaktadır. Yapılan araştırmalar bu yöntemlerin her birisinin avantajlı ve kısıtlayıcı yönlerinin bulunduğunu ancak geliştirilebileceğini ortaya koymuştur.

2.3.1. Toprak Su İçeriğinin Ölçümü

Toprak suyu, bitkilerin su statusünü ve bitki gelişimine direkt olarak kontrol etmektedir. Toprak su içeriğini ölçmek için birçok yöntem geliştirilmiş ve yeni yöntemler için çalışmalar devam etmektedir. Toprak nem içeriğini belirlemede direkt ve indirek yöntemlerden faydalanılmaktadır. Direkt yöntemler termo gravimetrik (veya gravimetrik) ve termo hacimsel yöntemlerdir. İndirek yöntemler ise kendi içerisinde hacimsel yöntemler ve tansiyometrik yöntemler olarak iki gruba ayrılmaktadır.

Direkt Yöntemler

Gravimetrik Örnekleme: Gravimetrik örnekleme ile bir tarladan alınan toprak örneklerinin nem içerikleri, doğrudan ölçülmektedir. Yöntemin esası alınan örneklerin yaş ve kuru ağırlıklarının tartılmasına dayanır. Topraklar 105 °C'de etüvde sabit ağırlığa ulaşınca dek kurutulurlar. Genellikle, örneklerin sabit ağırlığa gelinceye dek kurutulmaları için 24 saat gerekir.

$$P_w = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100 \quad 2.1$$

Eşitlikte; P_w ; su miktarı (ağırlık yüzdesi), W_w ve W_d toprak örneğinin yaş ve kuru ağırlıklarıdır.

Kolay ve güvenilebilir bir yöntem olmasına karşın gravimetrik örnekleme zarar verici ve uzun zaman alıcı bir teknik olarak kabul edilir. Buna ek olarak sulama zamanının geciktirilmesi gibi bir olumsuzluğu da söz konusudur. Zira 24 saat kuruma süresi olduğundan dolayı elde edilen

veriler sulama programı için kullanılabilir hale geldiğinde en azından bir gün geçmiş olmaktadır. Ayrıca çiftçilerin bu yöntemi pratikte kullanmaları ve doğru veri temin etmeleri oldukça güçtür. Kurutma süreci ciddi bir sıkıntı kaynağıdır (Carpena 2012). Bu sorunun çözümü için sadece Phene ve ark. (1989) evlerde kullanılan mikro dalga fırınların kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Gündüz (2007) Tekirdağ koşullarında, 2004-2006 yılları arasında Razakı ve Semillon üzüm çeşitleri için uygun sulama programlamasını belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada sulama zamanını ve miktarını belirlemek için gravimetrik yöntemi kullanmıştır. Çalışma sonucunda sofralık çeşit olan Razakı üzüm çeşidinde kök derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tüketildiğinde sulamaya başlanması, şaraplık çeşit olan Semillon üzüm çeşidinde ise kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık %70'i tüketildiğinde sulamaya başlanmasını önermiştir. Elde edilen bu bulgulara göre Razakı üzüm çeşidi için mevsimlik toplam 6-7 sulama, Semillon çeşidi içinde 2-3 sulamanın yeterli olacağını belirtmiştir. Sulama programında %50'yi hedeflemiştir.

Dolaylı-Hacimsel Yöntemler:

Nötron Saçılma Yöntemi: Nötronmetreler, toprağın hacimsel su içeriğini ölçmek için yaygın biçimde kullanılır. Anılan teknik, bir geçit borusu (access tüpü), bir yüksek enerji veya hızlı nötron (genellikle Americium veya Berillium) kaynağı ve bir dedektör içerir. Geçit borusu, alüminyum, PVC veya çelikten yapılmıştır. Bitki kök bölgesinde veya istenen derinlikte açılmış bir deliğin içerisine yerleştirilir. Kaynak ve dedektör, sondanın (prob) içerisinde birlikte bulunurlar. Sonda geçit borusunun içerisine, istenen derinliğe indirilir. Hızlı nötronlar toprak içerisinde yayılır ve farklı atomların çekirdekleri ile çarpışarak enerjilerini kaybederler. Suda bulunan hidrojen ve organik madde nötronları yavaşlatan en etkin elementlerdir. Yavaşlatılmış veya termalize edilmiş elektronlar, diğerleri ile birlikte kaynağın çevresinde bir bulut görünümünde bulunurlar ve bunların bir kısmı şansa bağlı olarak dedektöre geri dönerler. Dedektörde şarj edilmiş bir tel ve toprak yüzüne yerleştirilmiş bir hızölçer bulunur. Geri dönen termalize nötronlar şarj edilmiş tel üzerinde bir elektriksel çarpıntıya neden olurlar. Çarpıntılar hızölçer tarafından sayılır. Toprağın organik madde içeriğinin değişmediği varsayılırsa, belli bir zaman aralığında saptanan çarpıntı sayısı ile toprağın hacimsel su içeriği arasında yaklaşık doğrusal bir ilişki vardır (Holmes ve ark. 1967). Değinen ilişki aletin kalibrasyon eğrisinin eldesinde kullanılır. Kalibrasyon eğrileri, sayım oranları (CR) ile hacimsel su içeriği (θ_v) arasındaki ilişkileri veren eşitliklerdir. Sayım oranı, gerçek sayımın

standart sayıma bölünmesi ile elde edilir $CR = (Ca/Cs)$. Aslında nötronmetreler yapımçı firmalar tarafından kalibre edilerek satılırlar. Ancak fabrikasyon olarak çıkarılan kalibrasyon eğrileri yerine yöresel olarak belirlenen eğrilerin kullanılması önerilmektedir. Kalibre edilen aletin kullanımı, sondanın geçit borusu içerisinde istenen derinliğe sarkıtılması ve belli bir süre çalıştırılıp sayım alınması şeklinde yapılmaktadır. Bir derinlikteki sayı belirlendiği zaman, bir diğer derinlikteki su miktarını saptamak için sondanın konumu değiştirilir. Bazen kök derinliğindeki ortalama su miktarı, sondanın anılan bölge içerisinde hareket ettirilmesi ve sayımların kaydedilmesi ile elde edilmektedir. Tarla içerisinde bir proba bir tüpten diğerine gidilerek ölçümler alınabilir. Aynı yer ve derinlikte çok sayıda ölçümler yapılabilir, böylece ardıl ölçümler üzerinde toprak değişkenliğinin etkisi azaltılabilir. Nötronlar atmosfer içerisinde kaybolduklarından dolayı, üst toprak katmanında ölçüm yapmak birçok araştırmacı tarafından önerilmemektedir. Ancak son yıllarda kimi tekniklerle anılan güçlük aşılmıştır.

Nötron probe yönteminin avantajlı yönleri toprakta direkt olarak toprak nem içeriğinin ölçülebilmesi ve zararsız bir yöntem olmasıdır. Bu özelliği zamana bağlı toprak nem içeriği değişimlerinin takip edilmesine olanak sağlar. Ayrıca akses tüplerinin bir tarlada veya farklı tarlalarda ayrı lokasyonlarda yerleştirilmesi ile nötron probe'un kullanılabilmesi nedeni ile cihazın fiyatı karşılanabilir bir miktar olarak kabul görmektedir. Fakat cihazın ana dezavantajlı tarafı ise cihazın kullanımında, taşınmasında ve depolanması esnasında uyuması gereken güvenlik kurallarıdır. Yüksek enerjili nötron kaynağı radyoaktif olduğu için kullanıcının radyasyon korunumu için verilen talimata titizlikle uyma, taşıma ve muhafaza gibi konularda eğitilmesi gereklidir. Bu nedenlerden dolayı uygulamada bu cihazın yerine son yıllarda geliştirilen TDR cihazına yönelik eğilimlerin geliştiği görülmektedir (Irna 2012).

Hamman ve Dami (2000) sulamanın şaraplık üzüm gelişimi ve meyve kalitesi üzerine olan etkilerini belirlemek için yürüttükleri çalışmada toprak nem içeriğini nötron probe kullanarak belirlemişlerdir. Ayrıca Silva ve ark. (2000) Arizonada (ABD) sofralık üzümlerin su ihtiyaçlarını belirlemek için yürüttükleri çalışmada toprak neminin belirlenmesinde nötron probe ve TDR kullanmışlardır. Anderson ve ark. (2003) Fredonia'da (ABD) concord üzüm çeşidi üzerinde yürüttükleri çalışma kapsamında sulama başlangıcına nötron probe ile toprağın hacimsel su içeriğini ölçmek suretiyle karar vermişlerdir. Nötron probe ölçümleri yanında 1999-2000 yıllarında sulama uygulamaları arasındaki farklılıkları toprak nem içeriğini TDR ile ölçerek belirlemişlerdir.

Dielektrik Prensipli Yöntemler: Toprağın su içeriğini belirlemede kullanılan hacimsel yöntem gruplarından bir diğeri de dielektrik teknikleridir. Bu teknikler toprak içerisinde bir sinyalin ya da elektromanyetik dalganın hızını belirleyen dielektrik sabitesinin (K_{ab}) veya toprağın hacimsel elektriksel geçirgenliğinin ölçülmesi suretiyle toprak su içeriğini hesaplamaktadırlar. Toprak gibi kompozit materyallerde elektriksel geçirgenlik değeri toprağın her bir bileşeninin oransal katkısı ile meydana gelir. Bu nedenle sıvı formdaki suyun dielektrik sabitesi ($K_{aw} = 81$), toprağı oluşturan bileşenlerin dielektrik sabitesinden ($K_{as} = 2-5$ toprak minareleri için, $K_{aa} = 1$ hava için) çok daha büyüktür. Toprağın toplam elektriksel geçirgenliği veya hacimsel elektriksel geçirgenliği ağırlıklı olarak toprakta suyun bulunması ile kontrol edilmektedir. Toprağın hacimsel su içeriği (vwc) ile toprağın elektriksel geçirgenliği arasındaki ilişkiyi belirlemede Topp ve ark. (1980)'nin amprik eşitliği yaygın bir yaklaşımdır.

$$VWC = -5.3 \times 10^{-2} + 2.29 \times 10^{-2} K_{ab} - 5.5 \times 10^{-4} K_{ab}^2 + 4.3 \times 10^{-6} K_{ab}^3 \quad 2.2$$

Bu ilişki birçok mineral topraklarda ve nemin %50'nin altında olduğu koşullarda çalışmaktadır. Daha yüksek su içeriği, organik veya volkanik topraklar için özel bir kalibrasyon gerekmektedir. İlişkinin özel bir cihazdan gönderilen elektromanyetik dalga frekansına bağlı olması fark edilmeye değerdir. Düşük frekanslarda (<100MHz) ilişki daha çok toprağa özgüdür. Dielektrik metotlar sensör çıkış sinyalleri (zaman, frekans, direnç, dalga sinyali) ile toprağın hacimsel su içeriği arasında amprik kalibre edilmiş ilişkileri belirlerler. Bu teknikler geniş ölçüde kabul görmekte dirler çünkü iyi bir tepki süresine (hemen hemen anlık ölçümler) sahiptirler, bakım gerektirmezler ve otomasyon aracılığı ile sürekli okuma sağlayabilirler (Carpena 2012).

Zaman Alanı Yansıma Ölçüm Yöntemi (TDR Yöntemi): Toprak su içeriği için kullanılan elektromanyetik yöntemlerdeki son gelişmeler elektrik geçirgenliği üzerine yoğunlaşmıştır. TDR ilk başlarda laboratuvar koşullarında malzemelerin elektriksel geçirgenliğini belirlemek için geliştirilmiştir (Fellner-Feldegg 1969, 1972, Clarkson ve ark. 1977). Davis ve Chubodiak (1974) elektriksel geçirgenlik ile toprağın hacimsel su içeriği arasında bir korelasyon olduğunu belirlemişlerdir. Topp ve ark. (1980)' de bu korelasyonu çeşitli gözenekli malzemelerde denemesi TDR yönteminin toprak su içeriği ölçümlerinde kullanılmasına neden olmuştur. TDR toprak su içeriği ölçümlerinde kullanılmasına başlanması üzerinden geçen 30 yılı aşkın süre içerisinde birçok ölçekte ve çok çeşitli koşullarda su içeriği ölçümlerinde kullanılmış ve standart bir yöntem haline gelmiştir (Topp ve Reynolds 1998). TDR yönteminin çalışma prensibi toprak hacimsel dielektrik sabitesinin (K_{ab}) ölçüm zamanının belirlenmesi

esasına dayanmaktadır. TDR gönderilen elektromanyetik sinyalin toprak içerisindeki iletim hattından geçtiğini kabul etmektedir. Çünkü iletim hızı toprağın K_{ab} değerinin bir fonksiyonudur. Bu yüzden toprak K_{ab} değeri ile iletim hattındaki sinyalin ileri geri iletim zamanının karesi ile orantılıdır.

$$K_{ab} = (c/v)^2 = ((c.t)/(2.L))^2 \quad 2.3$$

Eşitlikte C= elektromanyetik dalganın bir boşluktaki hızı(3×10^8 m/s veya 186,282 mil/s) ve L değeri ise de toprak içerisinde gömülü olan iletim hattının uzunluğudur (m veya ft).

TDR aleti yüksek frekansların geniş aralığında, tam zamanlı elektrik sinyali üretebilen bir cihaza ihtiyaç duymaktadır. Yüksek frekanslı sinyaller coaxial kablo ve bir probtan oluşan iletim hattında dolaşırlar. Bu yüksek frekanslar toprak tekstürü, tuzluluğu ve sıcaklığı gibi toprak özelliklerine çok az bağımlı olarak tepki vermektedirler. TDR probu genellikle 2 veya 3 paralel metal çubuktan oluşmaktadır. Problar televizyon yayınlarını almada kullanılan antene benzer bir şekilde toprağa dalga kılavuzu olarak yerleştirilirler. Aynı zamanda TDR aleti iletim hattının voltaj düzeyini 100 pikosaniye süresine kadar ölçmek ve sayısallaştırmak için bir cihaz kullanır. Elektromanyetik sinyal iletim hattı boyunca dolaşırken sinyalim devam etmediği yansıdığı bir kısmını bulur. Bu da enerji iletim hattının enerji düzeyinde bir değişiklik meydana getirir. Böylece sinyalin dolaşım süresi (t) sayısallaştırılmış enerji düzeyinin analiz edilmesi ile belirlenir.

Toprak tuzluluğu veya yüksek derecede iletken ağır kil içeriği TDR ölçüm sonuçlarını etkileyebilir. Çünkü yüksek derecede iletken ağır kil içeriği TDR sinyali yansımasının zayıflamasına katkı yapmaktadır. Diğer bir ifade ile TDR kullanılabilir bir sinyalin yansıdığı sürece toprak tuzluluğuna kısmen duyarsızdır. Tuz içeriği yüksek topraklarda epoksi kaplı prob uçlarının kullanılması sorunun çözümüne katkı sağlayacaktır ama yine de bu hassasiyet kaybını ve kalibrasyonda değişimi ima etmektedir. Dolaşım süresine ilave olarak toprak boyunca dolaşan sinyalin diğer bir özelliği (hacimde değişim, sinyalin zayıflaması) ile toprağın elektriksel iletkenliğinin ilişkilendirilebileceğinin fark edilmesi ilginçtir. Buna dayanarak bir çok ticari cihaz aynı zamanlı toprak su içeriği ve toprak elektriksel iletkenlik ölçüm olanaklarını bünyelerine katmışlardır. Aqua-Flex, Tektronix unit, Gro-Point ve Trime probe TDR yöntemi ile çalışan ticari sensörlerdir

TDR yönteminin avantajlı yönleri doğru sonuç vermesi, toprağa özgü kalibrasyon gerektirmemesi, bir hattın diğer bir hatta sinyal göndermek suretiyle genişletme imkanına

sahip olması, geniş aralıkta probe seçeneğinin bulunması, minimum toprak tahribi, normal tuz seviyelerine kısmen duyarsız olması ve eş zamanlı toprak elektriksel iletkenlik ölçümleri yapabilmesidir. Çekinceli tarafları ise fiyatının pahalı olması, yüksek tuzlu topraklarda veya yüksek derecede iletken ağır killi topraklarda kullanımın sınırlı olması, bağlı su miktarı fazla olan topraklarda spesifik kalibrasyon gerektirmesi ve nispeten küçük algılama hacmine (prob uzunluğu boyunca 3cm yarı çapında) sahip olmasıdır (Carpena 2012).

Ortega-Farias and Acevedo (2004) yılında Şili- Molina'da Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde sulamaya başlama ve sulamanın bitim zamanını tespit etmek amacıyla 1999 yılı ekim ayından -2000 yıllı mart ayına kadar hafta bir toprak nemini TDR kullanılarak takip edilmiştir. Çalışma neticesinde şaraplık üzüm kalitesinde artış ve %40 su tasarrufu sağlanmıştır.

Frekans Alan Yöntemi (FD Yöntemi); Direnç ve Frekans Alanı Yansıması (FDR): Bu yöntem bir kondansatörün elektriksel direncinin toprağı içerdiği su içeriğine bağlı olmak suretiyle yalıtkan olarak kullanması esasına dayanmaktadır. Kondansatörün elektrik devri oluşturmak için bir osilatör (elektromanyetik dalga yayan cihaz) ile birlikte bağlandığı zaman toprak nemindeki değişimler elektrik devrinin çalışma frekansındaki değişimler ile belirlenebilir. Bu FD tekniğini kullanan direnç ve FDR sensörlerinin temelini oluşturmaktadır. Direnç sensörlerinde bir ortamın elektriksel geçirgenliği aynı ortamda kondansatörün sarj olma süresinin ölçülmesiyle belirlenebilir. FDR de osilatör frekansı topraktaki su içeriğinin bir ölçümü olan yankı frekansını tespit etmek için belirli bir frekans aralığında kontrol altında süpürülür.

Problar genellikle 2 veya daha fazla elektrotlardan oluşmakta ve toprak içerisine yerleştirilmektedirler. Halka biçiminde düzenlenmiş problar araziye kurulmuş Access tüpleri içerisine sokulurlar. Böylece bir elektriksel alan uygulandığında elektrotların etrafındaki toprak salınım devresinin tamamlayan kondansatörün yalıtımını biçimlendirir. Bir akses tüpü kullanılması çok katlı sensörlerle farklı derinliklerde ölçüm yapılmasına imkan verir. Cihazların kullanımından önce kullanılacak toprağı özgü kalibrasyon önerilmektedir çünkü bu cihazların çalışma frekansları genellikle 100 MHz altındadır. Bu düşük frekanslarda toprak minerallerinin hacimsel elektriksel geçirgenliği değişebilir ve hesaplama sıcaklık, tuzluluk, hacim ağırlığı ve toprağın kil içeriğinden çok fazla etkilenebilir.

Bu yöntemin avantajlı tarafları toprağa özgü kalibrasyondan sonra doğru sonuç vermesi, TDR'ın başarısız olduğu tuzlu koşullarda okuma yapabilmesi, TDR göre daha iyi çözümlenmeye sahip olması, geleneksel kaydedicilere bağlanabilmesi, TDR'a göre probe dizaynının esnek olması, bu yöntemi kullanan bazı cihazların TDR'a göre ucuz olması olarak gösterilmektedir. Çekinceli tarafları ise etki alan hassasiyetinin nispeten küçük olması (yaklaşık 1.6 inc), güvenilir bir okuma için tub ile toprak temasının çok iyi olması, hava boşluklarından kaçınmak için dikkatli kurulum gerektirmesi, toprağa özgü kalibrasyon gerektirmesi ve TDR'a oranla sıcaklık, hacim ağırlığı, kil içeriği ve hava boşluklarına daha fazla duyarlı olması gösterilmektedir (Carpena 2012).

Selles ve ark. (2004) Crimson seedless sofralık üzüm çeşidi üzerinde gövde gelişim hızının otomatik sulama uygulamaları için bir indikatör olarak kullanım olanaklarını araştırdıkları çalışmada toprak su içeriğini FDR yöntemi (Delta-T probe model PR1) ile belirlemişlerdir. Çalışma neticesinde uygulanan sulama suyu miktarları ile gövde gelişim hızı arasında ilişki belirlenmiştir.

Blanco ve ark. (2010) Autumn Royal sofralık üzüm çeşidinde ben düşme sonrası uygulanan düzenli kısıtlı sulamanın verim ve kalite (özellikle tanede çatlama) üzerine olan etkilerini belirlemek için yürüttükleri çalışmada toprağın hacimsel su içeriğini FDR tekniğini kullanarak belirlemişlerdir. Çalışma neticesinde 2008 yılında sulama zamanında yapılan değişikliklerin tane çatlaması üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Büyükölçümlük Bazlı Yansıma Ölçümü (ADR Yöntemi); Empedans: Bir elektromanyetik dalganın veya enerjinin iletim hattı boyunca dolanımı esnasında farklı empedanslı bir kısma erişir (bu empedans 2 farklı bileşene sahiptir; elektriksel iletkenlik ve dielektrik sabitesi). Bu noktada iletilen enerjinin bir kısmı göndericiye geri yansıtılır. Yansıyan dalga iletim hattı boyunca bulunan ve bir voltaj üreten gönderici kaynaklı dalga ile etkileşime girer, başka bir ifade ile iletim hattı boyunca dalga boyundaki değişimdir. Şayet toprak ve probe kombinasyonu iletim hattındaki empedans değişiminin sebebi ise büyükölçümlük farkının ölçülmesi probun empedans değerini verecektir (Gaskin ve Miller 1996, Nakashima ve ark. 1998). Toprak su içeriğinin toprak ve probe empedansından hesaplanabilmesi için toprağın elektriksel iletkenliğinin etkisi bir frekans seçilmek suretiyle minimize edilebilir.

Empedans sensörleri sinusoidal sinyal (sabit frekansta elektromanyetik dalga, örnek:100MHz) üretebilmek için bir osilatör kullanır. Bu sinyal toprak içerisinde metal

paralel rod dizileri ile yayılan ortak eksenli (coaxial) iletim hattına uygulanır. Rodların endiş kısmında bulunanı merkez sinyal rodunun etrafında bir elektriksel kalkan oluşturur. Bu rod düzenlemesi iletim hattının ilave bir bölümü gibi davranır. Toprağın dielektrik sabitesine bağlı olarak rodlar arasında empedans elde edilir.

Bu yöntemin avantajlı tarafları; toprak kalibrasyonu sonrasında doğru sonuç vermesi ($\pm 0.01 \text{ ft}^3\text{ft}^{-3}$; $\pm 0.05 \text{ ft}^3\text{ft}^{-3}$ kalibrasyonsuz), yüksek tuzlu koşullarda (20 dS/m ye kadar) okumaya yapabildiği, toprağa minimum zarar vermesi, geleneksel kaydedicilere bağlanabilmesi, standart devrelere nazaran ucuz olması, sıcaklıktan etkilenmemesi, yerinde toprak hacim ağırlığı hesabına imkan tanınması olarak gösterilmektedir. Çekinceli tarafları ise; güvenilir ölçüm sonuçları için spesifik toprak kalibrasyonu gerektirmesi, ölçümlerin hava, taş boşluklarından ya da probe üzerinde oluşan su kanallarında etkilenmesi, küçük hassasiyet hacmine (0.27 in^3) sahip olması olarak gösterilmektedir (Carpena 2012).

Adhikari ve ark. (2007) büyüklük zaman bazlı toprak nem sensörünün standart testi isimli çalışmasında ADR toprak nem sensörünün labrotuarda farklı nem, toprak ve tuzluluk koşullarındaki etkinliğini belirlemişlerdir. Kaba ve orta bünyeli topraklarda sensörden elde edilen hacimsel toprak nem içeriği değerleri ile hesaplanmış değerler arasında yüksek düzeyde ilişki elde edilmiştir. Elde edilen regrasyon değerleri 0,94 ile 0,99 arasında değişmiştir. İnce bünyeli toprakta yapılan çalışmalarda çok fazla şişme ve büzülme gözlenmiş ve buda sensör etrafında hava boşluklarının oluşmasına neden olmuştur. İnce kil bünyeli topraklar için ise ilişki 0,92 olarak bulunmuştur.

Faz (Evre) İletim Yöntemi (Virrib): Bir sinusoidal dalga sabit bir mesafede dolaştıktan sonra kaynağına nazaran bir safhada değişim gösterecektir. Bu değişim safhası iletim hattında dolaşım uzunluğuna, frekansa ve dalga yayılma hızına bağlıdır. Çünkü dalga yayılma hızı toprağın nem içeriği ile bağlantılıdır. Sabit bir frekans ve dalga dolaşım uzunluğunda toprak su içeriği bu değişim safhası ile belirlenebilir. Bu yöntemde probun safha ölçüm elektroniklerinin dalga kılavuzunun başlangıcında ve bitişinde uygulanabilmesi için özel dalga kılavuz dizaynı kullanmaktadırlar (2 açık eşmerkezli metal daire).

Bu yöntemin avantajlı tarafları; spesifik toprak kalibrasyonundan sonra doğru sonuç vermesi ($\pm 0.01 \text{ ft}^3\text{ft}^{-3}$), yüksek hassasiyette toprak hacmi (4-5 galon), geleneksel kaydedicilere bağlanabilmesi ve fiyatının ucuz olması olarak gösterilmektedir. Çekinceli tarafları ise; kurulum esnasında toprağın önemli ölçüde zarar görmesi, toprağa özgü spesifik kalibrasyon

gerektirmesi, tuz düzeylerine hassasiyet göstermesi ($>3dS/m$), hassasiyetinin iletim esnasında oluşan titreşimler nedeniyle düşmesi ve toprakta kalıcı kurulum gerektirmesi olarak belirtilmektedir (Carpena 2012).

Zaman Bazlı İletim Yöntemi(TDT): Bu yöntem bir elektromanyetik sinyalin iletim hattında dağılımı için gerekli olan sinyal gidiş süresini ölçer. Bu nedenle TDR'a benzer fakat iletim hattının başlangıcında ve bitiminde elektrik bağlantısı gerektirir. Ama yinede elektrik devresi TDR'a oranla daha basittir. Bu yöntemde kullanılan proplar iletim hattının başlangıç ve bitimine elektronik bloklar yerleştirilmesine imkan veren bir dalga kılavuzuna sahiptirler. Sensör karşılıklı olarak iki ucunda elektronik bloklar olan uzun bir şeritten oluşur.

TDT yönteminin avantajlı yönleri; doğru sonuç vermesi ($\pm 0,01 - 0,02f^3$), yüksek hassasiyette toprak hacmine sahip olması (0,2 - 1,6 galon), geleneksel kaydedicilere bağlanabilmesi, mevcut devre sistemlerine nazaran daha ucuz olması olarak gösterilmektedir. Çekinceli tarafları ise; iletim sırasında meydana gelen titreşim nedeniyle kesin değerde azalma, sürekli toprakta kurulum gerektirmesi ve kurulum esnasında toprağa zarar verilmesi olarak belirtilmektedir (Carpena 2012).

Kullanılan Diğer Hacimsel Alan Metodları: Kullanılan bir başka ilginç teknikte yere nüfus eden radar yöntemidir (GPR). Bu yöntemin esası da TDR yönteminin esasına dayanır fakat toprak ve sensör arasında direkt bir bağlantı gerektirmez. Bir araç veya el arabası üzerine toprak yüzeyine yakın bir şekilde monte edilmek suretiyle GPR yöntemi hızlı, zararsız ve nispeten geniş alanlarda toprak nem ölçümlerini sağlama potansiyeline sahiptir ama yinede küçük alanlarda detaylı ölçümler için TDR daha iyidir. GPR yöntemi birçok tarla istasyonunda başarıyla uygulanmasına rağmen çok geniş alanlarda kullanılmaktadır çünkü metodolojisi ve aletleri hala sadece araştırma ve geliştirme safhasındadırlar (Davis ve Annan 2002). Ama yinede muhtemelen küçük, kompakt ve ucuz GPR sistemleri yakın gelecekte rutin tarla çalışmalarında kullanılabilir olacaklardır.

Bahsedilmesi gereken diğer bir yöntemde özellikle geniş alanlarda toprak nem takibi yapmak için uygun olan, uydulara veya uçaklara monte edilen yeni uzaktan algılama metodlarıdır. Bu yöntemler arasında aktif ve pasif mikrodalga, elektromanyetik indüksiyon yöntemleri farklı uygulamalarda kullanılabilir bulunmuşlardır (Dane ve Topp 2002) ve şu anki araştırma çalışmalarının konularını oluşturmaktadırlar. Pasif mikrodalga yöntemi sadece toprak yüzeyi tarafından doğal olarak yayılmış sinyalleri alırken, aktif mikrodalga ve EMI

yöntemleri toprak yüzeyinden yansıyan sinyalleri almak ve iletmek için 2 tane anten kullanırlar. Mikrodalga yöntemlerinde yalnızca yüzey yakınındaki toprağın elektriksel iletkenliğin ve toprak nem içeriği ölçümlerinin başarılması amacıyla tipik olarak sinyal yer yüzeyi altında biraz sığ bir derinlikle ilişkilidir. EMI yöntemi direkt olarak toprak nem içeriğini ölçmez daha ziyade toprak elektriksel iletkenliğini ölçer ve bu iki parametre arasında bilinen kalibrasyon ilişkisi gerektirir. Maalesef bu ilişki bölgeye özeldir ve kabul edilemez.

Toprak nem içeriğini ve akışını hesaplamak için kullanılan modern diğer yöntemlerde x-ray tomografi ve nükleer manyetik rezonans (NMR) yöntemleridir. Ama yinede tarla koşullarında kullanımları sınırlıdır (Carpena 2012).

Tansiyometrik Yöntemler: Tansiyometrik yöntemler toprağın adsorbsiyon ve kapilar etkilerini birlikte içeren toprak suyu matrik potansiyelini hesaplarlar. Matrik potansiyel toprağın toplam su potansiyelini oluşturan bileşenlerden birisidir. Toplam toprak su potansiyeli ayrıca yerçekimi, osmotik potansiyel, gaz basıncı veya basınçlı hava ve örtü tabakası bileşenlerini de içerir. Matrik ve yer çekimi potansiyelinin toplamı suyun toprakta ve diğer gözenekli ortamlarda hareketini yönlendiren ana güçtür.

Tüm kullanılabilir tansiyometrik aletler toprak ile temas eden, suyun içerisinde hareket edebileceği gözenekli materyale sahiptirler. Bu sayede kuru topraklarda su gözenekli ortamın dışına doğru çekilirken ıslak topraklarda su topraktan gözenekli ortama giriş yapar. Dikkate değerdir ki genellikle tansiyometrik aletler toprağa özgü kalibrasyona ihtiyaç duymazlar. Ama yinede birçok durumda tarlada sürekli olarak kurulu olmak zorundadırlar yada okumalardan önce alet ile toprağın denge konumuna ulaşması için yeterli sürenin geçmesine izin verilmelidir (Carpena 2012).

Tansiyometreler: Tansiyometre içi suyla doldurulmuş ve ağzı kapatılmış bir tüpten oluşmaktadır. Tüpün toprak içerisine yerleştirilen kısmının ucunda geçirgen cidarlı seramik bir başlık bulunmaktadır. Toprak yüzeyinde kalan kısmında ise vakum manometresi vardır. İçerisi su dolu seramik başlık, yine içi su dolu bir bağlantı tüpü aracılığı ile ya vakum göstergesine (olağan tarla kullanımları için) yada manometreye(daha kesin ölçümler gerektiği zaman) bağlanmıştır (Tüzmen 1981). Toprak su içeriğine bağlı olarak seramik başlıktaki su, dışarıya veya içeriye doğru hareket eder. Örneğin toprak kurudukça nem miktarı azalacağından toprak seramik başlıktan su emerek tansiyometre gövdesinde kısmi bir vakum meydana getirir. Gövde içerisinde oluşan bu vakum, aletin manometresinden okunur. Su ile

doldurulmuş tansiyometreler yalnızca 0-8m gibi sınırlı bir tansiyonu ölçebilirler. Eğer tansiyometre 60-80 sentibar (0.6-0.8 bar) değerini gösterirse kök bölgesindeki nemin yetersiz olduğu ve mutlaka sulanmasının gerektiği anlaşılır. Bu değer 10-30 sentibar ise sulamanın gerekmediğini gösterir. 0 ile 10 arasındaki değer toprağın aşırı derecede nemli olduğunu gösterir. Yan yana iki tansiyometre biri 0,45-0,60 m derinlikte ve diğeri de daha derin toprak profiline 0,9-1,2 m olmak üzere yerleştirilir. Özellikle 0-5 arasındaki değerler kök bölgesinde aşırı bir nem olduğunu ve köklerin oksijensiz kaldığını ve mutlaka drenaj yapılması gerektiğini gösterir. Sulamadan sonra kök bölgesindeki tansiyon değeri 0 -10 arasında 1-2 gün devam ederse, ya sulama yöntemi değiştirilmeli veya drenaj yapılmalıdır (Weaver ve ark. 1976, Herrera 2000).

Tansiyometrelerden okunan değerlerden toprak suyu potansiyeli ölçümlerinin elde edilmesi için toprak rutubet karakteristik eğrileri kullanılır. Toprak su potansiyelini ölçmekte kullanılan ticari amaçlı çok sayıda tansiyometre bulunmaktadır.

Tansiyometreler etkili kök bölgesini temsil edecek derinliğe toprakla çok iyi temas sağlayacak biçimde yerleştirilirler. Doğrudan güneş ışınlarından korunmak için aletin üzeri gölgelenir. Okumalar her gün sabahleyin erken saatte yapılır. Her okumadan sonra alet damıtık su konularak yeniden doldurulur. Tansiyometrelerin avantajlı yönleri, direkt okuma yapması, 10,16cm kadar ölçüm yarı çapına sahip olması, basınç transformatörü kullanılması durumunda sürekli okum yapabilmesi, elektronik ve güç tüketiminin kaçınılabilir olması, yüksek sıklıkta örnekleme veya sulama uygulaması için çok uygun olması, bakımı için minimum beceri gerektirmesi, seramik uç içerisine ve dışarısına tuzlar hareket edebildiği için toprak tuzluluğundan etkilenmemesi ve fiyatının ucuz olması gösterilmektedir. Çekinceli yönleri ise; sınırlı toprak emme gücü aralığına sahip olması (<1 bar), nispeten yavaş tepki süresi, uygun okumalar elde etmek ve sık tahliyelerden kaçınmak için seramik ucun etrafındaki toprak ile sıkı temas gerektirmesi, özellikle şişen veya kaba bünyeye sahip topraklarda seramik ucun toprakla olan temasının kesilmesi ve yeniden kurulum gerektirmesi ve özellikle sıcak ve kuru hava koşullarında tansiyometre içerisindeki su tüpünü dolu olarak tutmak için çok sık bakım gerektirmesi sayılmaktadır (Carpena 2012).

Sayman ve Lambrecht (1995) sulama sistemleri ve ürün yükünün Barlinka sofralık üzüm çeşidinin gücü üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada toprak nem takibini tansiyometreler aracılığı ile gerçekleştirmişlerdir. Kissler ve ark. 1961, lodi

bölgesinde Tokay bağlarında yürüttükleri sulama çalışmasında toprak nem takibinde tansiyometrelerden faydalanmışlardır.

Direnç Blokları: Gözenekli ortam içerisine yerleştirilmiş elektrotlar arasındaki elektrik direnci gözenekli ortamın su içeriği ile ilişkilidir. Gözenekli ortamın su içeriği ise etrafını çevreleyen toprağın matrik su potansiyeli ile ilişkilidir. Toprak kururken bloklarda kurur ve böylece elektrik direncide azalır.

Jips Blokları: Bir jips sensörü sature kalsiyum sülfat solüsyonu ile elektrolite benzer şekilde elektrokimyasal hücre oluşturur. Bloklar içerisine yerleştirilmiş elektrotlar arasındaki direnç farkı wheatstone köprüsü kullanılarak (bloklarda polarizasyonu önlemek için) uygulanan küçük bir alternatif akım (AC) voltajı ile belirlenir. Toprak elektriksel iletkenliğindeki değişimler okuma sonucunu etkilemesi nedeniyle jips blokları toprak tuzluluğu değişimlerine karşı bir tampon çözelti (bufer) kullanırlar. Yöntemin doğasında olan esas problem ise blokların özellikle tuzlu topraklarda zamanla çözünmesi ve indirgenmesi sebebiyle kalibrasyon özelliklerini yitirmesidir. Kullanılacak bloğun gözenek hacmi dağılımının bloğun kullanılacağı toprak tekstürüne uygun olması tavsiye edilmektedir. Okuma sonuçları sıcaklığa bağımlıdır ve tarlada elde edilen direnç ölçüm değerleri kalibrasyon ve tarla sıcaklıkları dikkate alınarak düzeltilmelidir. Kullanılan bazı okuma cihazları üzerinde manuel veya otomatik sıcaklık düzenleme sistemlerine sahiptirler yada üretici firma kullanıcılarına düzeltme tabloları veya eşitlikleri vermektedir. Ölçüm aralığı 0,3 bar ile 2,0 bar arasında değişmektedir. Bu yöntemin avantajlı yönleri; 10,16 cm'ye kadar ölçüm yarı çapına sahip olması, bakım gerektirmemesi, basit ve ucuz olması, tuzluluk etkilerinin (6 dS/m'ye kadar) tampon çözelti kullanımı ile giderilmesi, tam ve yeniden tamamlama noktası gerektiren sulamalar için çok uygun olması ve düzenli kısıtlı sulamaları için uygun olarak gösterilmektedirler. Bu yöntemin çekinceli tarafları ise; düşük kesinlik ve araştırmada sınırlı kullanımı, blokların saturasyon noktası civarındaki (0,3 bar) okumalar için kullanılamaması, blok özelliklerinin kil birikimi ve jips çözülmesi sebebiyle zamanla değişmesi ve ayrışma hızının toprak tipine, yağış ve sulama miktarına hatta kullanılan jips bloğun tipine bağlı olması, tepki süresinin çok yavaş olması, kumlu topraklar gibi suyun hızla drene olduğu topraklarda iyi çalışmaması, şişme özelliğine sahip topraklar için uygun olmaması, bloklardaki gecikmeye bağlı olarak doğru olamayan okumalar elde edilmesi ve sıcaklığa bağımlı olması gösterilmektedir (Carpena 2012).

Zyl ve Weber (1981) çeşitli tamamlayıcı sulama uygulamalarının bağda bitki ve toprak nem içeriği üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada toprak nemini

tansiyometre ve jips blokları ile birlikte takip etmişlerdir. Çalışma neticesinde yüksek nem koşullarında(tarla kapasitesine yakın) jips bloklarından elde edilen veriler güvenilir bulunmamış ama daha düşük toprak nem içeriğinde jips bloğu ve tansiyometreden elde edilen sonuçlar benzer bulunmuştur. Buna rağmen toprak nemindeki küçük değişikliklere tansiyometrenin jips bloğa nazaran daha duyarlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Tanesel (Granul) Matris Sensörleri (GMS): Tanesel matris sensörü etrafı sentetik mebran ve koruyucu paslanmaz çelik kafes ile çevrili olan granül kuvars materyal içerisine yerleştirilmiş olan elektrotlardan oluşmaktadır. İçerisinde tuzluluğun etkilerini tamponlamak için jips kullanılır. Bu tür gözenekli ortamlar daha ıslak toprak koşullarında ölçüm yapma imkanı tanır ve jips bloklardan daha uzun süre dayanırlar. Ama yinede iyi bir sensör –toprak teması olsa bile GMS toprak çok yüksek düzeyde kuruduktan sonra tekrar ıslatma problemine sahiptir. Bunun nedeni GMS'nin kaba ortamına ince topraktan tekrar su filmi giriş yeteneğinin azalmasıdır. GMS materyali saturasyon noktasına yakın düzeylerde okuma yapılabilmesine imkan tanır. Ölçüm aralığı 0,1 bar ile 2,0 bar arasındadır. GMS yönteminin avantajlı tarafları, jips blokların yapısından kaynaklanan problemleri azaltması, 10,16 cm'e kadar ölçüm yarı çapına sahip olması,bakım gerektirmemesi, basit ve ucuz olması,tuzluluk etkilerinin 6 dS/m'ye kadar tamponlanabilmesi ve düzenli kısıtlı sulama için uygun olması olarak gösterilmektedir. Çekinceli yönleri ise, düşük kararlılığa sahip olması ve araştırmada kullanımının kısıtlı olması, yavaş tepki süresine sahip olması ve suyun cihazın denge süresinden daha hızlı drene olduğu kumlu topraklarda iyi çalışmaması, şişen topraklar için uygun olmaması, toprağın çok kuruması durumunda sensörün çıkarılıp toprak sature edildikten sonra tekrar kurulum gerektirmesi ve sıcaklığa bağımlı olarak çalışması gösterilmektedir (Carpena 2012).

Fandiño ve ark. (2011) İspanya'da Mencia üzüm çeşidi üzerinde sürdürülebilir bağcılıkta su yönetimi için çeşidin su statusu ile toprak su içeriği arasındaki işlevsel ilişkiyi belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada toprak su potansiyelini GMS yöntemiyle ölçmüşler ve toprak su içeriğini de TDR yöntemi ile belirlemişlerdir. Çalışma neticesinde sezonluk toprak su içeriği ile öğle vakti yaprak su potansiyeli arasında iyi bir ilişki ($r^2 \geq 0,82$) elde edilmiştir. Bu ilişkiyle toprak su içeriği takibinin bitki su statusunun belirlenmesinde faydalı bir indiktor olduğu belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar toprak su içeriği ve toprak su potansiyeli ölçümlerinin önemli derecede işçilik gerektiren yaprak su potansiyeli ölçümlerinin yerini alabileceğini göstermiştir.

Isı Yayılımı: Suyun ısı geçirgenliği kuru materyalin ıslak olandan daha hızlı ısınabilmesi için ısı çıkışı oluşturur. Diğer bir ifade ile gözenekli materyalde ısı akışı ortamın su içeriği ile orantılıdır. Termal ısı probu bir adet sıcaklık sensörü ve bir adet ısı kaynağı içeren gözenekli bloktan oluşmaktadır. Blok sıcaklığı ısı kaynağı çalıştırılmadan önce ve çalıştırdıktan birkaç dakika sonra ölçülür. Böylece sıcaklıktaki değişimden blok nem elde edilir. Çünkü toprak ile temas edecek şekilde yerleştirilen gözenekli blok toprak su içeriği ile denge halindedir ve bloğun karakteristik eğrisi toprak su potansiyelini verecektir. Bundan dolayı probun toprak sıcaklığı ve toprak su içeriği ölçümlerindeki değişime göre kalibre edilmesi gerekmektedir. Cihazın ölçüm aralığı 0,1 bar ile 30 bar arasında değişmektedir fakat 10-30 bar aralığındaki ölçümlerde doğruluk azalmaktadır. Bu yöntemin avantajlı tarafları; geniş ölçüm aralığına sahip olması, bakım gerektirmemesi 10,16 cm'e kadar ölçüm yarıçapına sahip olması, sürekli okuma yapılabilme olasılığının olması, ölçümlerin termal iletkenliğe dayanması nedeniyle ölçüm sonuçlarının tuzlulu koşullardan etkilenmemesi olarak gösterilmektedir. Yöntemin çekinceli tarafları ise; ısıtma ve ölçüm işlemleri için sofistike kontrol birimine ihtiyaç duyulması, yavaş tepki süresine sahip olması, suyun cihazın toprak su içeriği ile denge konumuna gelmesi için gereken süreden daha hızlı drene olduğu kumlu topraklarda iyi çalışmaması ve sık okuma yapılabilmesi için cihazın yüksek güç tüketimi yapması gösterilmektedir (Carpena 2012).

Toprak Psikrometresi: Buhar denge koşulları altında, gözenekli ortamın su potansiyeli gözenekli ortamın etrafını saran havanın buhar basıncı ile direkt olarak orantılıdır. Bunun anlamı şudur ki; toprak su potansiyeli toprak çözeltisi ile denge halinde olan gözenekli kabın oransal neminin(RH) ölçülmesi ile belirlenebilir (Campbell ve Gardner 1971). Bir toprak psikrometresi içerisine temokupl yerleştirilmiş seramik kalkandan veya hava çemberli ekrandan oluşmaktadır. Ekran tipli olanların daha çok tuzlu ortamlarda kullanılmaları önerilmektedir. Hava çemberi içerisindeki RH ıslak ve kuru termometre arasındaki sıcaklık farkından hesaplanmaktadır. Ölçüm aralığı 0,5 bar ile 30 bar arasında değişmektedir fakat 10-30 bar arasında elde edilen sonuçların doğruluğunda azalma meydana gelmektedir. Bu yöntemin avantajlı tarafları; yüksek hassaiyet düzeyine sahip olması, bilimsel olarak titiz okumaların yapılabilmesi ve nem koşullarının çok kuru olduğu ortamlara uygun olması gösterilmektedir. Çekinceli tarafları ise, termal gradiyette yüksek duyarlılık nedeniyle sığ toprak derinliği için önerilmemesi, küçük algılama hacmine sahip olması, buhar dengesinin oluşumunun zaman alması nedeniyle yavaş tepki süresine sahip olması, ıslak koşullarda

düşük doğruluğa sahip olması ve okumalar için özel ekipmanlar gerektirmesi olarak gösterilmektedir (Carpena 2012).

Gardner ve ark. (2001) ve Kirkham (2004) toprak neminin ölçüm yöntemlerini ve sulama programlamasında nasıl kullanılacağını ayrıntılı olarak tartışmışlardır. Araştırmacılar, hangi şekilde ifade edilirse edilsin ve hangi teknik kullanılırsa kullanılsın, toprak nem takibine göre sulama programlamasında karşılaşılan en büyük problemin yersel farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Itier ve ark (1996) toprak nem takibine göre sulama programlamasında çalışmaların i) güvenli, basit, ucuz, ve otomatik nem ölçüm cihazlarının geliştirilmesi ve ii) yersel farklılıkları ortadan kaldırmak amacıyla kablosuz akıllı ölçüm tekniklerinde yoğunlaşması gerektiğini vurgulamıştır.

2.3.2 Bitki Su Stresi Belirteçleri

Bitki köklerinin yayıldığı tüm toprak hacmindeki nem içeriği takip etme yerine, direkt bitkilerin kendinden de sulama zamanının geldiğine dair belirtileri takip etmek mümkündür.

Görünüş: Kültür bitkileri genellikle su eksikliğine karşı çok duyarlıdırlar. O nedenle kök bölgesindeki suyun varlığına bağlı olarak değişik belirtiler gösterirler. Değinilen özelliklerden yararlanılarak sulama zamanı saptanabilir. Asmada susuzluk belirtileri, birçok kültür bitkisindeki susuzluk belirtilerine benzerlik gösterir. Asmada görülen başlıca susuzluk belirtileri şunlardır (Kocamaz 1983) ;

1. Öncelikle sürgün ucu ve genç yapraklarda olmak üzere yapraklarda pörsüme görülür,
2. Pörsümeden sonra yapraklarda sararmalar başlar,
3. Sürgünlerde erken renk değişimi ve erken odunlaşma başlar, fakat tamamlanamaz,
4. Büyüme yavaşlar ve giderek tamamen durur,
5. Büyüme yavaşladığından boğum araları kısalmaya başlar,
6. Yaşlı yapraklarda kenarlardan başlayarak kızarmalar, sararmalar ile kahverengileşmeler başlar ve giderek erken dökülmeler meydana gelir,
7. Salkım iskeleti sertleşir ve taneler normal iriliğine ulaşamaz, salkım seyrekleşir,
8. Üzümün olgunlaşması gecikir,

9. Üzümler tam doğal rengini alamaz ve rengi donuklaşır. Fotosentez azaldığı için asit ve şeker miktarı kaliteyi olumsuz yönde etkileyecek düzeyde azalır ve

10. Tane kabuğu kalınlaşır ve üzerinde güneş yanıklığı lekelerine benzer lekeler meydana gelir.

Fenolojik Safhalar: Asmanın içerisinde bulunduğu fenolojik evre sulama zamanının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Şener ve İlhan (1991), yuvarlak çekirdeksiz üzümün, su tüketimini ve sulama suyu ihtiyacını belirlemek amacıyla Manisa-Horozköy ve Menemen’de yürüttüğü araştırma sonuçlarına göre, tane bağlama dönemi sonuna doğru bir defa sulama yapılması kaliteyi bozmadan verimi %28 oranında artırmıştır. Bu yörede, bir sulamada verilecek sulama suyu miktarı 110-120 mm’dir. Menemen koşullarında en uygun sulama programı, tane bağlama dönemi sonuna doğru birinci, daha sonra yaklaşık üç hafta aralıklarla ikinci ve üçüncü sulamanın yapılmasıdır. Her sulamada verilecek sulama suyu miktarı 65-90 mm arasında olmalıdır.

Calame (1984), Chasselas çeşidinde yaptığı çalışmada ben düşme ile olgunlaşma dönemleri arasında yapılan sulamanın verimi arttırdığını, buna karşılık kuru madde oranındaki azalmanın kabul edilebilir seviyede olduğunu saptamıştır.

Kocsis ve ark. (1997), Shiraz üzümü çeşidinde, suyla doymuş bağlarda, özellikle aşırı sıcaklık olan yıllarda çiçeklenme sonrası su kaybının tane ağırlığında aşırı azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir. Ben düşme sonrasında oluşan su kaybının tane ağırlığı ve olgunlaşma üzerine etkisinin önemsiz olduğunu ve meyvelerin hasat zamanına kadar suya hassasiyet göstermediğini saptamışlardır. Kurutmalık üzüm yetiştirilen bağlarda sulama toprak yüzeyinin kuruması için kumlu topraklarda hasattan 2-4 hafta, ağır bünyeli topraklarda 4-6 hafta önce kesilmelidir (Peacock ve ark. 1998). Rühl ve Alleweldt (1984), nemli toprakta asmanın vegetatif gelişmesi artmış, taneler irileşmiş fakat şeker oranında azalma saptamışlardır. Ben düşme zamanında yapılan sulama sonucu, tane iriliği artması ile beraber kuru madde miktarları değişmemiştir.

Değişik devrelerde, yapılacak sulamaların asmanın büyümesi ve meyve gelişimine olan etkileri aşağıda özetlenmiştir:

Sürme-çiçeklenme Dönemi: Bu dönemde vegetatif gelişme oldukça hızlıdır. Ayrıca gelişmekte olan sürgünler üzerindeki salkım taslakları ve bunlar üzerindeki çiçek sayıları, gelişmenin ilerleyen safhalarında tane tutumu ve gelişmesini belirleyeceğinden, asmalar bu periyot

süresince susuzluk stresine karşı son derece duyarlıdır. Kurak koşullar, sürgünlerin kısa kalması ve az sayıda çiçeğin gelişmesine neden olmaktadır. Genellikle bu dönem boyunca kış yağışları ile toprakta depolanan su, bitki su ihtiyacını karşılamak için yeterli olacağından sulama olmasa bile stres nadiren görülür. Nisan ortasına kadar don tehlikesi yüksek olduğundan bu dönemde daha ziyade dondan korumak için sulama yapılabilir (Çelik 1998).

Çiçeklenme-ben düşme Dönemi: Ben düşme noktası; çoğu tipler için Haziran sonu ve Temmuz başında meyvelerin yumuşadığı veya renk değiştirdiği noktadır. Bu devre boyunca su yönetimi çok önemlidir. Su stresi meyve büyüklüğü ve verimi azaltabilir ve meyvede hücre bozulması meydana gelebilir. Ayrıca köklerde ilk yoğun dallanma ve gelişme bu dönemde olduğundan, topraktaki nem eksikliği kök gelişmesini de olumsuz etkilemektedir. Çiçeklenmeden sonra, asmalarda vegetatif gelişme yeniden hızlanmakta ve sürgün gelişimi hızla tamamlanmaktadır. Diğer taraftan, tane gelişimindeki durgunluk safhasına kadar olan dönemde çekilen su sıkıntısı, olgunluğun gecikmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, asmalar için tane tutumu döneminde sulama öncelikli önem taşımaktadır. Çoğu sofralık üzümde çiçeklenmeden sonraki 2 haftada bilezik alma işlemi gerçekleştirilir ve bilezik almanın kapanması için 2-3 hafta geçmesi gerekir ki asma bu dönemde su stresine daha hassastır (Çelik 1998).

Ben düşme-hasat dönemi: Ben düşme Haziran sonu- Temmuz başıdır. Fakat hasat çeşidin özelliğine göre Temmuz-Kasım arasına kadar sürer. Asmalar tanelerin olgunlaşmakta olduğu ben düşme-hasat döneminde susuzluğa daha dayanıklıdır. Sofralık üzüm çeşitlerinde maksimum meyve büyüklüğü için stresden kaçınılmalıdır fakat salkım çürüklüğü ve meyve çatlamasına eğilimli sofralık çeşitlerde orta düzeyde stres uygulanabilir. Kurutmalık üzümler için genellikle hasattan 2-5 hafta önce kurutma alanı için sulama kesilmelidir. Gene şaraplık üzümlerde bu devrede sulama kesilerek zorla stres oluşturulur ve şarap kalitesi arttırılır. Bu dönem boyunca aşırı sulamalar meyve çatlamasına neden olur, odun olgunlaşması azalır veya gecikir, salkım çürüklüğü artar ve dolayısıyla meyve verimi düşer (Çelik 1998).

Olgunlaşma boyunca sulamanın etkisi, toprağın su tutma kapasitesine, asmanın kök derinliğine, iklime ve kullanılan sulama yönteminin uygunluğuna bağlıdır. Düşük su tutma kapasitesine sahip topraklarda bu devredeki sulama önemlidir. Derin topraklarda ise, kuvvetli ve derin bir kök sistemi olduğundan, sulama yapılmayan veya sulama olanaklarının sınırlı olduğu koşullarda bile, yeterli verim ve kaliteye ulaşılabilir.

Hasat sonrası–dinlenme dönemi: Erkeni çeşitlerde hasat sonrasındaki susuzluk stresi nedeniyle, köklerin ikinci yoğun gelişme dönemi büyük ölçüde engellenmekte ve erken yaprak dökümleri meydana gelmektedir. Böylece asmada karbonhidrat birikimi azalmaktadır. Orta mevsimde yetişen çeşitlerde ise hasattan sonraki sulamalar, depo karbonhidratların kullanılmasıyla yeni sürgün oluşumuna neden olabileceğinden uygun görülmemektedir. Yaprak dökümünden sonra asmalar, çok ekstrem sınırlara ulaşmadıkça, kuraklıktan veya yüksek toprak neminden etkilenmemektedir. Bu dönemde sulamalar asma taç sisteminin devamı için sürdürülür ama büyümeyi desteklemez. Asma sulanmaya devam edilirse büyümeye devam eder ve hasat sonrası yeniden büyümeye başlar bu ise odunun olgunlaşması için istenmeyen bir durumdur. Orta derecede su stresi olursa sürgün büyümesi durur ve odun olgunlaşması bakımından bu yararlıdır. Ekim sonu ve Kasım başında sıcaklıklar sürgün büyümesi için çok düşük olduğunda sulama ile toprak su rezervinin tamamlanması tavsiye edilir. Asmalar kurak kök bölgesi ile uykuya girerse takip eden ilkbaharda daha zayıf tomurcuk patlaması eğiliminde olur (Çelik 1998, Peacock 1998).

Yaprak Sıcaklığı: Bitki taç sıcaklığının su eksikliğinin bir göstergesi olduğu uzun bir zamandan beri bilinmektedir. İnfrared termometre geliştirilmeden önce bitki sıcaklığı, değmeli algılayıcılarla ölçülmüştür. Sonradan infrared termometrelerle bitki taç sıcaklığı, daha kolay ölçülebilir hale gelmiştir.

Yöntemde taç ve hava sıcaklığı arasındaki farklar ve atmosferin buharlaştırma istemi kullanılarak bitki su gerilimi niceliksel olarak ölçülür. Yöntem transpirasyon sürecinin serinletici olduğu gerçeğine dayanır. Potansiyel düzeyde transpirasyon yapan bitkilerin yaprak sıcaklıkları çevre hava sıcaklığından daha düşüktür (Baştürk ve Kanber 1989). Hava sıcaklığındaki artışa bağlı olarak yaprak sıcaklığı yükselir. Bu olay, stomaların tam veya kısmen kapanması sonucu transpirasyon hızının azalması ile yakından ilişkilidir. Su eksikliğinin, başka bir deyişle gerilimin yoğun olması durumunda, özellikle kurak ve sıcak yörelerde taç ve hava sıcaklığı arasındaki fark daha büyük olur. Hava ve yaprak sıcaklıkları, uzaktan algılama ile yerden veya olanak varsa uydudan alınabilir. Hava ve bitki taçı arasındaki sıcaklık farkları, her gün yüzey sıcaklığının en yüksek olduğu zaman (öğleyin 13.⁰⁰-14.⁰⁰) ölçülmektedir. Yaygın olarak infrared termometreler kullanılmaktadır.

Bitki taç ve hava sıcaklıkları arasındaki farklar, sulama zamanının belirlenmesinde Stres Gün Derece (SDD), Stres GÜN indeksi (SDI) ve Bitki Su Stres İndeksi (CWSI) gibi yaklaşımlar kullanılmaktadır.

Stres Gün Derece, sulama zamanının saptanmasında kullanılan ilk ölçütlerden birisidir. Burada hergün hava sıcaklığını geçen bitki sıcaklıkları belli bir kritik düzeye ulaşıncaya dek toplanır. Toprak ve bitkiye bağlı olarak değinilen kritik düzeye ulaşma anı, sulama zamanı olarak kabul edilir. Hava sıcaklığından düşük bitki sıcaklıklarının ölçüldüğü günler dikkate alınmaz.

$$SDD_c = \sum(T_c - T_a)_i \quad 2.3$$

Burada; SDD_c simgesi, kritik stres-derece-gün değerini, $T_c - T_a$ ise hava sıcaklığını geçen bitki sıcaklığı olduğu günlere ilişkin taç ve hava sıcaklıkları farkını göstermektedir.

SDI ölçütü, Hiler ve Clark (1971) tarafından geliştirilen bir yaklaşımdır. Değinilen kavram, sulama zamanının belirlenmesinde yarı niceliksel temele dayanmaktadır. Buna göre sulamalar, SDI değeri belli bir kritik değere ulaştığında başlatılmaktadır.

$$SDI = \sum_{i=1}^n (SD_i \times CS_i) \quad 2.4$$

$$SD = 1 - \frac{E}{E_d} = E_d x |\psi_s| \quad 2.5$$

$$CS = \frac{X - m}{X} \quad 2.6$$

Eşitliklerde SD, stres gün etmeni, CS, bitki duyarlılık etmeni; E ve E_d , sırasıyla gerçek ve potansiyel evaporasyon; x, tam sulanan tarık konudan elde edilen pazarlanabilir ürün miktarı, m; gelişmenin herhangi bir döneminde su gerilimi ile karşılaşılan konudan elde edilen ürün. Bitki duyarlılık etmeni, CS deneysel yollarla belirlenir. Bitkinin herhangi bir gelişme dönemindeki belli bir stres düzeyinin verim azalışına olan etkisini göstermektedir. Anılan değer, bitki türüne ve gelişme dönemine göre değişmektedir.

Bitki su stres indeksi ise bitki taç ve hava sıcaklıkları arasındaki fark ($T_c - T_a$) ile atmosferin buhar basıncı açığı (VDP) arasındaki ilişkiye dayanır. Değinilen yaklaşım Idso ve ark. (1981) ve Jackson ark. (1981) tarafından nicelikleştirilmiştir. Idso ve ark.'nın yaklaşımında, bitki su stresi grafiksel yolla ölçülmektedir. Bu amaçla tam sulanan ve potansiyel hızda transpirasyon yapan bitkiler için $T_c - T_a$ ile VDP arasındaki doğrusal ilişki alt sınır çizgisi; en yüksek düzeyde su stresi ile karşılaşılan veya transpirasyon yapmayan bitkilerden elde edilen ilişki ise üst sınır

çizgisi olarak adlandırılır. Böylece elde edilen temel grafik yardımı ile CWSI değeri hesaplanır. Grafiğin kullanılabilmesi için bitkilerin en çok streste oldukları güneş öğlesinden 1-2 saat sonra yapılan taç, ıslak ve kuru termometre okumalarına gereksinim vardır.

Bitki su stresi İndeksi, Tc-Ta ve Rn değerleri kullanılarak niceliksel olarak hesaplanmaktadır (Jackson ve ark. 1981, Jackson 1982).

$$Tc-Ta = \frac{r_a R_n}{\rho c_p} \frac{\gamma^*}{\Delta + \gamma^*} - \frac{e_A^* - e_A}{\Delta + \gamma^*} \quad 2.7$$

$$CWSI = 1 - \frac{E}{Ep} = \frac{\gamma(1 + r_c / r_a) - \gamma^*}{\Delta + \gamma(1 + r_c / r_a)} \quad 2.8$$

$$\gamma^* = \gamma(1 + r_c / r_a) \quad 2.9$$

Eşitliklerde; ρ , havanın yoğunluğu, kg/m^3 , c_p ; sabit basınçta havanın özgül ısı $\text{J/}^\circ\text{C/kg}$, r_a ; taç aerodinamik direnç, s/m , r_c ; taç difüzyon direnci, s/m , Δ ; doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi, $\text{kPa/}^\circ\text{C}$, e_A^* ve e_A ; sırasıyla hava sıcaklığındaki doygun ve gerçek buhar basınçları, kPa , γ ve γ^* ; sırasıyla gerçek ve düzeltilmiş psikometrik katsayı, $\text{kPa/}^\circ\text{C}$.

Kuzey İtalya'da po vadisinde yapılan bir çalışma neticesinde infarared termometrenin bağ sulama uygulamalarında kullanılabilir olduğu ve bağın bitki su stresi indeksi (CWSI) 0,4 geçmediği sürece verim ve kalitede önemli kayıplar olmadan su stresini tolere edebildiği belirtilmiştir (Anconellia ve Battiliani 1999). Metot, iklim şartlarının hızlı değişmediği açık hava koşullarında ve tam gelişmiş bitkilerde tavsiye edilmektedir (Jackson ve ark. 1981, Idso ve ark. 1981)

Yaprak Su Potansiyeli: Yaprak su potansiyeli de ölçülerek sulama zamanı belirlenebilmektedir. Buğday, domates, ayçiçeği gibi *anisohtydric* bitkilerde yaprak turgoru (veya dolayısıyla yaprak su potansiyeli) topraktaki su potansiyelinin düşmesiyle birlikte düşer (Jones 2007). Bu tür bitkilerde *pressure chamber* ile yaprak su potansiyeli ölçümlerine göre sulama zamanı belirlenebilir. *Pressure chamber* ile ölçüm yapmak çiftçiler açısından çok zordur, pahalıdır ve otomatize edilemez ve ark. (1996). Yöntem araştırma amaçlı kullanılmaktadır. Diğer taraftan mısır ve sorgum gibi *isohydric* bitkilerde, toprak su potansiyeli düşmeye (kurumaya) devam etse bile, yaprak su potansiyeli veya nem içeriği değişmemekte, bitkiler kendini stomalarını açıp kapamak suretiyle kontrol etmektedirler. Bu nedenle *isohydric*

bitkilerde su potansiyeline bağı olarak su stresini belirlemek doğru değildir. Asma gibi bazı bitkilerde her iki durumda olan çeşitler mevcuttur (Jones 2007).

Williams ve Araujo (2002) Chardonnay ve Cabernet sauvignon üzüm çeşitleri üzerinde yürüttükleri araştırma çalışmasında basınç odası kullanılarak yapılan şafak vakti yaprak su potansiyeli ölçümü, öğle vakti yaprak su potansiyeli ölçümü ve gövde su içeriği ölçüm yöntemlerinin birbirleri olan ilişkilerini ve diğer toprak ve bitki bazlı ölçüm yöntemleri ile olan ilişkilerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar neticesinde öğle vakti yaprak su potansiyeli ve gövde su içeriği ölçüm sonuçları ile şafak vakti yaprak su potansiyeli ölçüm sonuçları arasında doğrusal bir ilişki tespit etmişleridir (sırasıyla $r^2=0,88$ ve $0,85$). Asma su içeriğinin hesaplanmasında kullanılan 3 yöntemde toprak su içeriği ve uygulanan sulama suyu miktarı ile önemli derecede ilişkili bulunmuştur. Öğle vakti yapılan fotosentez ve stoma direnci ölçümleri ile kullanılan 3 yöntem arasında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Araştırmacılar 3 yöntemde bağda sulama zamanının belirlenmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Yöntemlerin pratikte uygulamalarını göz önüne alarak yaptıkları değerlendirme neticesinde (şafak vakti ölçümlerinin güneş doğmadan önce tamamlanmasının gerekmesi ve gövde su içeriği ölçümleri için ölçümden 90 dakika önce ölçüm yapılacak yaprakların aliminyum folyo ile sarılmasını gerektirmesi) öğle vakti yaprak su potansiyeli ölçümlerinin daha uygun olduğunu belirtmişleridir.

Özsu Akış Ölçer (Sap Flow Meters): Öz su akış ölçümleri yaprak çevresindeki koşulları rahatsız etmeden bitkiden veya sürgünlerden meydana gelen su kaybının hesaplanmasında güvenilir ve direkt veri sağlar (Shulze ve ark. 1985; Ansley ve ark., 1994, Fernandez ve ark. 2001). Su akışı (sap flow) ölçümü ile sulama zamanının belirlenmesi, stres altındaki bitkiler ile iyi sulanmış bitkiler karşılaştırılarak açıklanmaktadır (Valancogne ve Nasr, 1989). İki farklı teknik kullanılmaktadır: i) su akış yoğunluğu (Cohen ve ark 1981) ve ii) toplam akış (Sakuratani 1981). Bu tekniklerden birincisinde suyun iletildiği dokuların kesit alanının bilinmesine ihtiyaç vardır. İkincisinde ise sadece küçük ağaçlardaki transpirasyonu ölçmede kullanılmaktadır.

Sulanan bağlarda özsu akış ölçümleri kanopiden meydana gelen terlemenin hesaplanmasında iyi bir araç olarak gösterilmiştir (Yunusa ve ark. 2000). Son zamanlarda Escalona ve ark. (2002) su stresi içerisindeki asmalarda stoma direnci ile anlık özsu akışı arasında yüksek bir korelasyon olduğunu göstermişlerdir. Günlük toplam su tüketimi için korelasyonun hatta daha yüksek ($R^2=0,98$) ve a 1:1 ilişkisine yakındır. Ayrıca net fotosentez oranı da öz su akışı ile iyi

bir korelasyona sahiptir. Ginestar ve ark. (1998) Shiraz üzüm çeşidinde farklı sulama katsayılarının doğruluğunu kanıtlamak için özsu akış ölçümünü kullanmaya başlamıştır.

İletim Sistemindeki Değişimler (Linear Transducers of Displacement): İletim sistemindeki değişiklikler başlıca Garnier ve Berger (1986) tarafından tanıtılmıştır ve sulama uygulamaları için güçlü bir yöntem olarak göz önüne alınmıştır(Fereres ve ark.1999, Moriana ve ark. 2000). Yöntemde ortalama çap gelişiminin ve günlük değişimin dikkatle analiz edilmesi gerekmektedir (Huguet ve ark. 1992). Basit bir yöntemdir ve sensörler veri kaydedicilere bağlanabilir. Buradaki esas problem, aşırı su uygulandığında veya su stresi altında kaldığında bitkiler aynı tepkiyi gösterebilmektedirler. Bunun yanında bitkiler aşırı strese maruz kalmalarına rağmen, stomaların kapanması nedeniyle, çok az tepki göstermektedirler. Günlük değişimler bitkiden bitkiye ve türden türe göre değişmektedir. Potansiyel kullanılabilir bir yöntem olmasına rağmen bağ çalışmalarında az ilgi görmüştür buna rağmen Escalona ve ark. (2002) içsel gövde çap değişiminin özsu akışını yakın olarak takip ettiğini kanıtlamışlardır.

Selles ve ark. (2004) Crimson seedless sofralık üzüm çeşidi üzerinde gövde gelişim hızının otomatik sulama uygulamaları için bir indikatör olarak kullanım olanaklarını belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada gövde gelişim hızı ile sulama uygulamaları ile oluşturulan su stresi düzeyleri arasında belirgin bir ilişki elde etmişlerdir ve gövde gelişim hızı ölçümlerinde kullanılan elektronik dendometrelerin uzaktan programlanan ve kontrol edilen sulama uygulamaları için güvenilir araçlar oldukları belirlenmiştir.

Sulama programlarının hazırlanmasında, model çalışmaları da oldukça yaygındır. Bu amaçla iki tip model sunulmaktadır: i) toprak su bütçesine dayanan ve nem içeriği belirlenen eşik bir değere düştüğü zaman sulama başlama tarihini ve sulama miktarını tahmin eden modeller (Cavazza ve ark. 1996) ve ii) bitkilerin farklı fenolojik devrelerinde maruz kaldığı su stresini dikkate alarak bitki gelişiminin ve veriminin simüle edildiği mekanistik modeller (EPICPHASE: Cabelguenne ve ark. 1996). Ancak modeller araştırmacılar ve danışmanlık yapan firmalar tarafından kullanılmakta olup, çiftçiler için yaygın değildir.

Yukarıdaki belirtilen özellikleri taşıyan bir yöntem arayışı kapsamında, TDR ile ağaç gövdesi su içeriği ve gövde özsu elektriksel iletkenliği ölçülerek, su stresi ile ilişkilendirilmekte ve sulama zamanı planlanmaktadır.

Ağaç gövdesi su içeriğini belirleme ile ilgili ulaşabildiğimiz ilk çalışma Clark ve Gibbs (1957) tarafından Kanada orman ağaçlarında gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Constantz

ve Murphy (1990), Wullschleger ve ark., (1996), ve Irvine ve Grace (1997) ağaç gövdelerinin su içeriğini takip etmede TDR teknolojisini başarı ile kullanmışlardır. Nadler ve ark. (2006) farklı su stresi, tuzluluk ve kısmi kök sulaması uygulamaları ile mango bitkisinin gövde su içeriğindeki değişimleri TDR yöntemiyle izlemiştir. TDR yönteminin pahalı ve çiftçi kullanımı açısından karmaşık bir yöntem olması nedeniyle Nadler (2004), gövde su içeriği ölçümü yerine daha ucuz ve kolay bir yöntem olan elektriksel iletkenlik metodunun kullanılıp kullanılmayacağını araştırmış ve gövde su içeriği ile elektriksel iletkenliği arasında iyi bir ilişki bulmuştur. Nadler ve Tyree (2008) bu araştırma sonuçlarını test etmek amacıyla Kanada'da çalı formundaki kesilmiş ağaç gövdeleri üzerinde birçok denemeden sonra gövde özsuyu elektriksel iletkenliğinin sulamada kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar hem su içeriği hem de elektriksel iletkenlik ölçümlerinde kullanılan TDR problemlerinin özellikleri hakkında (rot uzunluğu, aralığı, ağaç gövdesindeki pozisyonu v.s.) da bilgi sunmuşlardır. Nadler ve ark. (2008) ilk kez canlı meyve ağaçlarında (mango, zeytin, muz, hurma) su stresini belirlemede gövde su içeriği ölçümü yerine elektriksel iletkenliğin kullanılabilme olanaklarını belirlemek amacıyla, 100 litrelik saksılarda perlit ortamında bir çalışma yürütmüşlerdir. EC değerlerinin su içeriğine göre daha hızlı tepki verdiği ve daha hassas olduğu sonucuna varmışlardır. Ancak bu yöntem başka bitkilerde ve tarla şartlarında henüz test edilmemiştir.

Yapılan literatür taraması sonucunda yurt içinde sınırlı sayıda bağda sulama programlaması üzerine yürütülmüş çalışmaya rastlanmıştır. Çalışmaların incelenmesi neticesinde sulama programlarının oluşturulmasında kullanılan metotlar; gravimetrik yöntemle toprak nem takibi (Sağlam ve ark. 2005, Gündüz 2007), A sınıfı buharlaşma kabı yöntemi (Tekinel ve ark.1991, Uygun ve ark. 1997, Başbuğ ve ark. 1998, Çelik ve ark. 2005, Ünal 2008), fenolojik dönemlere göre (İlhan ve ark. 1991) ve yaprak su potansiyeli ölçümlerine (Çolak 2010) dayanılarak uygulanmış metotlardır. Ülkemizde ve dünyada asma gövdesi su potansiyeli ve elektriksel iletkenlik ölçümlerine dayalı herhangi bir çalışma mevcut değildir.

Literatür çalışması neticesinde sulama programlamasında çok çeşitli yöntemlerin kullanıldığı ve kullanılan her bir yöntemin kendi içerisinde avantajlı ve dezavantajlı tarafları olduğu ve bu nedenle bitkinin içerisinde bulunduğu su stresi koşullarını doğru, hassas, güvenilir bir şekilde yansıtan otomotize edilebilir ve çiftçi dostu bir yöntem için araştırma çalışmalarının yoğun bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. Bu kapsamda sulama

programlamasında bitkinin içsel su düzeyini daha doğru bir şekilde yansıtan bitki belirteçlerine yönelik çalışmalar öne çıkmaktadır. Bitki üzerinde kökten, gövdeden ve yapraktan yapılan ölçümlerle sulama zamanının belirlenmesi mümkündür. Kökten yapılan ölçümlerin zorluğu ve yapraktan yapılan ölçümlerin otomatize edilebilir olmaması nedeniyle son yıllarda bitkinin su içeriğindeki değişimleri belirlemek için bitki gövdesi üzerinde çalışmalar ağırlık kazanmış durumdadır. Bitki gövdesi su içeriği ölçümlerinde TDR yöntemi kullanılmaktadır. Fakat bu yöntem şimdiye kadar orman ağaçlarında, laboratuvar da kuru ağaç gövde ve dalları üzerinde, perlit ortamında birkaç kültür bitkisi üzerinde denenmiştir. Literatürde bu yöntemin kültür bitkileri için gerçek toprak koşullarında ve bitkilerin tüm fenolojik evrelerinde su stresinin ve sulama zamanının belirlenmesi amacıyla kullanılmadığı ve bu konuda literatürde eksiklik olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma ile tespit edilen bu eksikliğin giderilmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanının Yeri

Araştırma, Tekirdağ Bağcılık Araştırma İstasyonu arazisinde yürütülmüştür. Araştırma alanının denizden yüksekliği 4 m olup, enlem derecesi 40°59' Kuzey, Boylam derecesi ise 27°29' Doğudur.

3.1.2. Toprak Özellikleri ve Topografya

Araştırmanın yürütüldüğü Tekirdağ Bağcılık Araştırma istasyonu toprakları killi tınlı bünyeye sahip, hafif tuzlu, az kireçli ve organik madde içeriği düşük topraklardan oluşmaktadır. Alanda eğim batıdan doğuya doğrudur. Eğim batı kesimlerde oldukça yüksek olup % 15, doğu kesimlerde ise % 1.5 civarındadır (Orta 1997). Araştırmanın yürütüldüğü parsel killi tın bünyede, kuzey-güney yönünde taban arazidir. Toprağın hacim ağırlığı 1.46-1.58 g/cm³ arasında, tarla kapasitesi % 26.97-28.88, solma noktası % 14.74-15.90 arasında değişim göstermektedir. Farklı profil derinliklerine ait toprağın fiziksel özellikleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Toprağın farklı profil derinleri itibarı ile fiziksel özellikleri.

Profil derinliği (cm)	Bünye sınıfı	Hacim ağırlığı (g/cm ³)	Tarla kapasitesi		Solma noktası		Faydalı su kapasitesi (mm)
			% (ağırlık)	mm	% (ağırlık)	mm	
0-30	Killi-tın	1.46	28.69	125.7	15.90	69.6	56,1
30-60	Killi-tın	1.53	28.88	132.6	15.63	71.7	60.9
60-90	Killi-tın	1.58	26.97	127.8	14.74	69.9	57.9
0-60				258.3		141.3	117
0-90				386.1		211.2	174.9

3.1.3. Su Kaynağı ve Sulama Suyunun Sağlanması

Tekirdağ Bağcılık Araştırma İstasyonu arazisinin sulanmasında 7 adet kuyu ve 4 adet depolama havuzundan yararlanılmaktadır. Kuyuların statik emme yüksekliği 2-6 m, debileri ise 12-20 l/s arasındadır. Denemede kullanılacak sulama suyu İstasyonda bulunan kuyudan sağlanmış ve uygulama çanak sulama yöntemiyle yapılmıştır. Alınan su örnekleri Kırklareli Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyon Müdürlüğü laboratuvarında analiz edilmiş, sonuçları ABD Tuzluluk Laboratuvarı tarafından geliştirilen grafik yardımıyla sınıflandırılmıştır. Buna göre, sulama suyunun kalite sınıfı C₂S₁ olarak belirlenmiştir. Kuyudan su tanker yardımı ile deneme alanındaki su deposuna taşınmış ve sulamada kullanılmıştır. Kullanılan su deposu Şekil 3.1 de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Su deposu

3.1.4. Bitki Materyali

Araştırma Tekirdağ Bağcılık Araştırma İstasyon Müdürlüğü arazisinde Kuzey-Güney yönünde kurulan 5BB anacı üzerine aşılı Italia sofralık üzüm çeşidi üzerinde yürütülmüştür.

Italia üzüm çeşidi *Bicane x Hamburg Misketi* melezi olarak 1911'de A. Pirovano tarafından elde edilmiştir. İtalya'nın sofralık üretiminde büyük payı olan bu çeşit, birçok ülkede de yetiştirilmektedir (Fransa, Portekiz, İspanya, Almanya, Bulgaristan, Yunanistan, A.B.D. ve Arjantin). Yüksek ve kararlı bir verimlilik trendi gösteren Italia üzüm çeşidi, orta mevsimde

veya biraz daha geç olgunluğa erişmektedir. Kuvvetli bir vejetatif büyümeye sahiptir. Ayrıca bir çok anaç çeşidi ile affinitesi iyidir, ancak iklim ve toprak koşullarına göre 1103P, 140R, ve Teleki 8B anaç çeşitleri ile daha iyi uyum göstermektedir. Kış donlarına orta derecede duyarlı, ancak *Oidium tuckeri Berk.* ve *Botrytis cinerea Pers.* Hastalığına duyarlıdır (Bojinoviç 1996). Şekil 3.2’ de Italia sofralık üzüm çeşidi gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Italia sofralık üzüm çeşidi

3.1.5. TDR Seti

Asma gövde suyu ve gövde suyu elektriksel iletkenlik ölçümlerinde TDR seti kullanılmıştır. TDR ölçüm seti (*Campbell Scientific* marka TDR 100), çoklayıcı, datalogger, program, batarya ve şarj aleti, TDR problemleri (3.0 mm çapında, 7.5 cm uzunluğunda, paslanmaz çelikten yapılmış 3 rotlu ve rotlar arasında 5.0 cm aralık), kablolar (50 Ohm’luk ‘coaxial’), bağlantı parçaları ve koruma kutularından oluşmaktadır.

Asma gövde sıcaklığının belirlenmesi için sıcaklık ölçüm seti kullanılmıştır. Sıcaklık ölçüm seti, *Campbell Scientific* marka sıcaklık sensörleri, datalogger, batarya ve şarj aleti ile koruma kutusundan oluşmaktadır. Şekil 3.3’de çalışmada kullanılan 3 rotlu probe ve TDR 100 gösterilmiştir.



Şekil 3.3. TDR 100 ve 3 rotlu probe

3.1.6. Bilgisayar ve Gerekli Yazılımlar

TDR 100 cihazının yapacağı verilerin elektronik ortama aktarılması ve verilerin arazide alımı için bir bilgisayar kullanılmıştır. TDR seti içerisinde temin edilen yazılımların kapasitelerinin düşük olması nedeniyle, yerine yeni yazılımlar oluşturulmuştur. Kaydedicilerde depolanan verilerin 2-3 günde bir alınarak bilgisayara aktarılmasını sağlayan bir yazılım ile TDR yardımıyla okunan elektriksel iletkenlik ve su içeriği değerlerinin Excel formatında tablo haline dönüştürülmesini sağlayan yazılım bu çalışma kapsamında geliştirilmiştir.

3.1.7. Kontrol Ünitesi ve Koruma Kulübesi

Deneme alanında TDR seti, sıcaklık ölçüm seti ve bilgisayarı yağışlardan ve dış müdahalelerden korumak amacıyla kilitli 1,5 m³ hacimli kulübe imal ettirilmiştir. Kulübe arazide beton zemin üzerine monte edilmiş, içerisindeki elektronik cihazların çalışmasını temin etmek için elektrik hattı çekilmiştir. Deneme alanında kullanılan kulübe Şekil 3.4' te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Kontrol ünitesi ve muhafaza kulübesi

3.1.8. Fotosentez Analyzer

Fotosentez oranı, stoma iletkenliği, transpirasyon miktarı, yaprak ve hava sıcaklığı, oransal nem ölçümleri Licor 6400XT fotosentez analyzer ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan fotosentez analyzer şekil 3.5’te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Licor 6400XT Fotosentez analyzer

3.1.9. İnfared Termometre

Bitki su stresi indeksini belirlemek amacıyla, yaprak sıcaklığı ölçümlerinde portatif, 8-14 µm dalga boyunda ışınları algılayan filtrelere sahip IRT (Fluke 574 model) Infrared termometre kullanılmış ve emissivite katsayısı 0,98 olarak ayarlanmıştır. Kullanılan portatif infrared termometre Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. İnfared termometre.

3.1.10. Islak ve Kuru Termometre

Bitki su stresi indeksini belirlemek amacıyla havanın mevcut oransal nem koşulunda sıcaklığını belirlemek için kuru termometre, havanın oransal nem bakımından doygun koşullardaki sıcaklığını belirlemek için ıslak termometre kullanılmıştır.

3.1.11. Basınç Odası (Pressure Chamber)

Öğle vakti yaprak su potansiyeli ölçümlerinde portatif basınç odası (Soil moisture marka 'Compact Plant Water Status Console 3115P40G4' model) aletinden faydalanılmıştır. Kullanılan basınç odasının Şekli 3.7' de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Basınç Odası

3.1.12. İstatistik Programı

Elde edilen verilerin istatistikî yönden analizinde ANOVA istatistik programı kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme Dizaynı

Araştırma İstasyon Müdürlüğünde öncelikle denemenin kurulacağı arazinin toprak yapısının homojen olması göz önünde bulundurularak deneme yerinin seçimi gerçekleştirilmiştir. Seçilen alanın etrafı 1,0 m yüksekliğinde tel örgü ile çevrilerek deneme güvenliği tesis edilmiştir. Deneme alanına elektrik hattı getirilerek kullanılan TDR 100 ve bilgisayarın çalışması için gerekli akım temin edilmiştir. Bilgisayar ve TDR 100'ün arazi koşullarında sürekli kalacağı göz önünde bulundurularak cihazların çevre ve hava şartlarından etkilenmelerinin önlenmesi amacıyla su geçirmez, kilitli bir kulübe imal ettirilerek deneme alanında hazırlanan 1,5 m² beton zemin üzerine yerleştirilmiştir. Denemede sulama uygulamaları için yaklaşık 2 ton kapasiteli su deposu yaptırılmış ve kot farkından faydalanmak amacıyla deneme alanında 1,5 m metal sehpa üzerine yerleştirilmiştir. Çalışmada, Araştırma İstasyonu bağ alanlarında 5BB anacı üzerine aşılı Italia üzüm çeşidine ait 9 cm civarında gövde çapında 6 adet sağlıklı omca tespit edilmiş ve vejetasyon bitimini

takiben, projede deneme alanı olarak belirlenen tarlaya 1,5 m sıra arası mesafede dikilerek şaşırtılmışlardır.

3.2.2. Ağaç Gövdesi Su İçeriği (θ_s) ve Elektriksel İletkenlik (EC_s) Ölçüm ve Düzeneklerinin Hazırlanması

TDR ölçüm seti (*Campbell Scientific* marka TDR 100, çoklayıcı, datalogger, program, batarya ve şarj aleti, TDR problemleri, kablolar, bağlantı parçaları ve koruma kutuları) ve ağaç sıcaklığı ölçüm setlerinin (*Campbell Scientific* marka sıcaklık sensörleri, datalogger, batarya ve şarj aleti ile koruma kutusu) Temmuz ve Ağustos 2010 aylarında bağlantıları hazır hale getirilmiştir.

Eylül 2010 içinde matkap ile 2,9 mm çapında, ağaç gövdesi uzunluğu boyunca 50 mm aralıkla, 7,5 cm derinliğinde 3 tane burğu deliği açılarak, 3,0 mm çapındaki, 7,5 cm uzunluğundaki, paslanmaz çelikten yapılmış 3 rotlu ve rotlar arasında 5,0 cm aralık olan prob ağaç gövdesine monte edilmiştir. Prob elektrotlarının gireceği burğu deliklerinin birbirine paralel ve istenilen noktada açılması için özel olarak matkap uçları ve bir kılavuz imal edilmiştir (Şekil 3.8). Dallanmaların başladığı kısma yakın bir yere her ağaca bir prob monte edilmiştir. Ölçümler için toplam 4 bitki donatılmıştır. Problemler 50 Ohm'luk 'coaxial' kablolarla 'multiplexer' a ('çoklayıcı' veya 'seçici' anahtar) ve buradan 1.0 m kablo ile TDR' a bağlanmıştır. TDR veri kaydediciye veri kaydedici ise bir bilgisayara bağlanmıştır. Kablo uzunluğunun ölçüm üzerine etkisini ortadan kaldırmak amacıyla, bitkilerden gelen kabloların eşit uzunluğa sahip olması sağlanmıştır. Kontrol kabinine en uzak mesafede bulunan bitki 8 m olduğu için tüm prob kabloları 8.0 m'ye ayarlanmıştır. Şekil 3.8'de TDR probunun asma gövdesine monte edilmiş hali gösterilmiştir.



Şekil 3.8. TDR probunun asmaya monte edilme şekli.

Probların monte edilmesinden sonra gerekli izolasyonlar yapılmış, kablolar alüminyum folyo ile sarılmış, probun dışındaki diğer ekipmanlar kontrol ünitesinin de içine konulduğu kabin içine alınmıştır. Denemede kullanılan kabin bu araştırma için su sızdırmayacak şekilde galvanize saçıtan yapılmış ve yaz aylarında karşılaşılabilecek yüksek sıcaklığa karşı yalıtılmış, ayrıca bir tane de aspiratör takılmıştır.

Asmada gövde su içeriği ve elektriksel iletkenlik ölçümlerine 1 Nisan 2011'de başlanmıştır. Bu tarihe kadar, TDR ölçüm seti ile laboratuvar koşullarında toprak EC ve su içerikleri ile ilgili bir dizi çalışma yapılarak sistemin sağlıklı ölçüm yapıp yapmadığı test edilmiştir.

TDR seti ve sıcaklık sensörleri ile θ_s , EC_s ve ağaç gövde sıcaklık değerleri vejetasyon periyodu süresince her gün her 30 dakikada bir ölçülmüştür. Satın alınan problemlerin özellikleri (üretici firma tarafından sağlanan kod numarası ile tanımlanmıştır), kablo uzunlukları ve problemlerin hangi kanala bağlandığı bilgileri programa girilmiştir. TDR ile ölçülen veriler (dielectric constant) sıcaklığın da etkisi dikkate alınarak, otomatik olarak su içeriği ve elektriksel iletkenlik değerlerine dönüştürülmektedir. Üretici firma tarafından sağlanan kodlar sayesinde, problemler ağaçlara monte edilmeden önce, elektriksel iletkenliği ve sıcaklığı bilinen bir su ile kalibre edilerek her bir prob için düzeltme faktörü (geometrik faktör) belirlenmesine gerek kalmamıştır.

TDR seti, Nadler ve Tyree (2008) ve Nadler ve ark. (2008)' de açıklandığı şekilde kurulmuştur. Buna göre probalar 50 Ohm'luk 'coaxial' kablolarla 'multiplexer' a ('çoklayıcı' veya 'seçici' anahtar) ve buradan 1.0 m kablo ile TDR' a bağlanmıştır. TDR ile her 30 dakikada ölçülen veriler (dielectric constant), veri kaydedicide (data logger) depo edilmiştir.

Benzer şekilde Data logger'da depolanan verilerin bilgisayara aktarımında ve bilgisayarda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde üretici firmadan satın alınan programın yeterli olmaması nedeniyle özel bilgisayar yazılımı oluşturulmuştur.

3.2.3 Toprak Nem Takibi ve Sulama

Toprak nem takibi haziran, ayından itibaren 0-90 cm profil derinliğinde haftada 3 defa gravimetrik yöntemle yapılmış ve kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 70 tüketildiğinde sulama ile toprak nemi tarla kapasitesine getirilmiştir. Bağ sulaması için yüzey sulama tercih edilmiş olup, sulama uygulamaları için 2 tonluk su deposu temin edilerek 1 m yükseklikte demir sehpa üzerine yerleştirilerek sulamaların kot farkından kaynaklanan doğal cazibe ile yapılması sağlanmıştır. Bağda sulama uygulamaları için her bir omcanın etrafında toprakta asma taç genişliğince (1m x 1m) 10 cm derinliğinde çanaklar açılmıştır. Şekil 3.9' da omcalar etrafına açılan çanaklar gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Omcaların etrafına açılan sulama çanakları.

3.2.4 . Yaprak Gaz Değişimi (Fotosentez, Transpirasyon ve Stoma İletkenliği) Ölçümü

Çalışmada asmanın stres düzeyinin belirlenmesinde farklı yöntemlerin kullanılması düşünülmüş olup, bu amaçla asmada yaprak gaz değişim ölçümleri yapılmıştır. Fotosentez ile ilişkili olarak yaprak gaz değişimi ölçümleri tam gelişmiş, sağlıklı, güneşe maruz kalmış yapraklarda 10-12 saatleri arasında portatif Licor 6400 XT fotosentez analiz cihazı ile ölçülmüştür. Yapılan ölçümler; CO₂ özümleme oranı, transpirasyon oranı, stoma iletkenliği, yaprak yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığı ve hava oransal nem ölçümlerini kapsamaktadır.

3.2.5. Yaprak Taç (Yüzeyi) Sıcaklığı Ölçümü

Uzaktan algılama tekniklerinden biri olan infrared termometre yaklaşımından yararlanarak bitki su tüketiminin bulunmasında Idso ve ark. (1981) ve Jackson ve ark. (1981) tarafından geliştirilen esaslardan yararlanılmıştır. Idso ve ark. (1981) yaklaşımı, potansiyel hızda transpirasyon yapan bir bitki için, atmosferin buhar basıncı açığı (VPD, kPa)'nın fonksiyonu olarak bitki taçı - hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$, °C)'nin ölçülmesine dayanır. Bitki taç sıcaklığı ölçümlerinde 7–18 mm dalga boyunda ışınları algılayan filtrelere sahip, emissivite katsayısı 0.98 olarak ayarlanmış portatif infrared termometre kullanılmıştır. Aletin görüş açısı (FOV) 3° dir. Ölçümler havanın tamamen açık olduğu veya bulutların güneşi engellemediği koşullarda vejetasyon periyodunda 4 sulama aralığında her gün saat 11:00 – 14:00 arası günde 4 kez tekrarlanmıştır. Her bir ölçümün başında ve sonunda ıslak ve kuru termometre değerleri okunarak, bunlardan yararlanmak suretiyle List (1971)'de belirtilen esaslara göre buhar basıncı açığı hesaplanmıştır.

Bitki su stres indeksi (CWSI)'nin belirlenmesinde deneysel yaklaşım olarak, Idso ve ark.(1981) ve Idso (1982) tarafından açıklanan yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde, sulama konusundan alınan ölçümlerden belirlenen $T_c - T_a$ ve VPD değerlerinin doğrusal regresyonu ile alt baz çizgileri, ve daha önceden araştırma istasyonunda bağda yapılan ölçümlerde belirlenen üstbaz çizgisinden yararlanılarak temel grafikler oluşturulmuştur. CWSI değerleri alınan grafiklerden yararlanılarak aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir.

$$CWSI = \frac{[(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_{ul}]}{[(T_c - T_a)_{ul} - (T_c - T_a)_{il}]} \quad 3.1$$

Eşitlikte; T_c , yaprak sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$); T_a , hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$); $(T_c-T_a)_{ll}$, bitkide su stresinin olmadığı alt sınır; $(T_c-T_a)_{ul}$, bitkinin tamamen stres altında olduğu üst sınır değerlerini göstermektedir.

3.2.6. Yaprak Su Potansiyeli Ölçümü

Yaprak su potansiyeli, portatif basınç odası (Pressure Chamber) aygıtı ile öğle vaktinde tam olgun yaprakta yapılmıştır. Her bir asmada 3 ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerde Scholander ve ark. (1965) yöntemi izlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

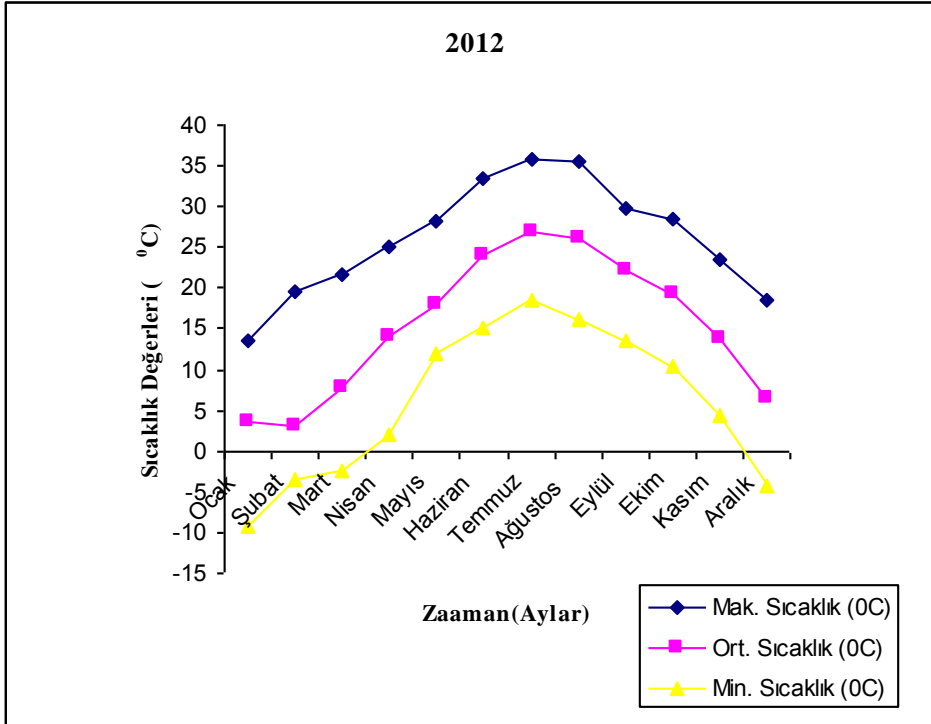
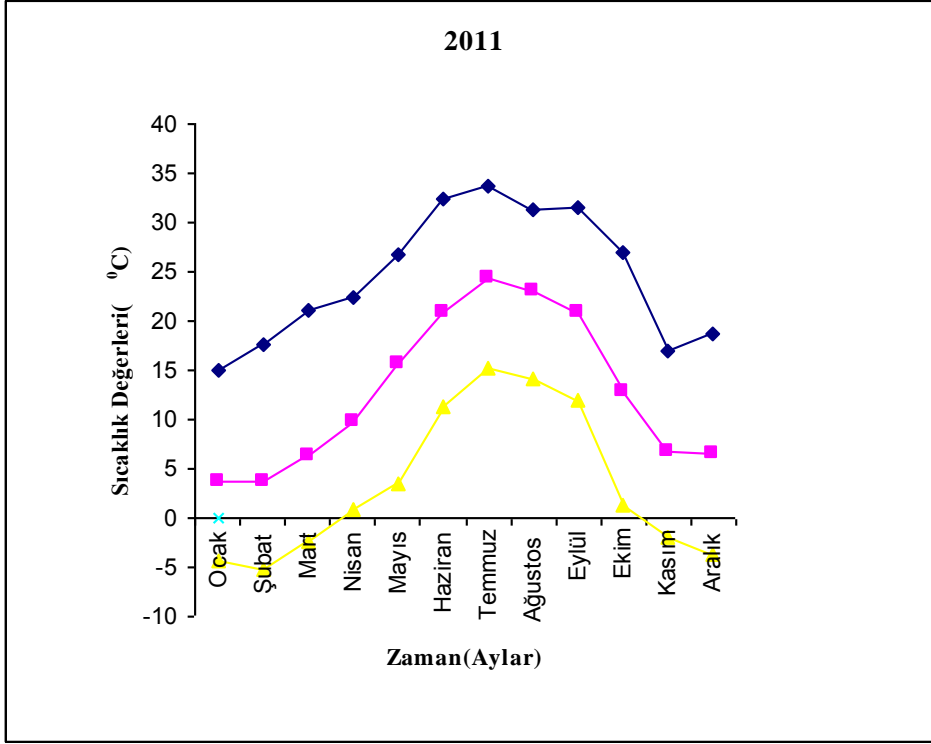
4.1. İklim Verileri

Araştırma alanı yarı-kurak iklim kuşağı içerisinde yer almaktadır (Anonim 2006). Yıllık ortalama sıcaklık 13,9 °C olup, aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay 5°C ile Ocak, en sıcak ay 23,7 °C ile Temmuz'dur. Yıllık ortalama yağış miktarı 579,7 mm'dir. Fakat yağışın en fazla olduğu dönem Ekim - Mart ayları arasındadır (DMİ 2011). Yıllık ortalama bağıl nem % 77 olup, bu değer Temmuz ayında % 71'e düşmekte, Aralık-Ocak ayında ise % 82 ye yükselmektedir. Yıllık ortalama rüzgar hızının 2 m yükseklikteki değeri 2,7 m/s'dir (Anonim 2006).

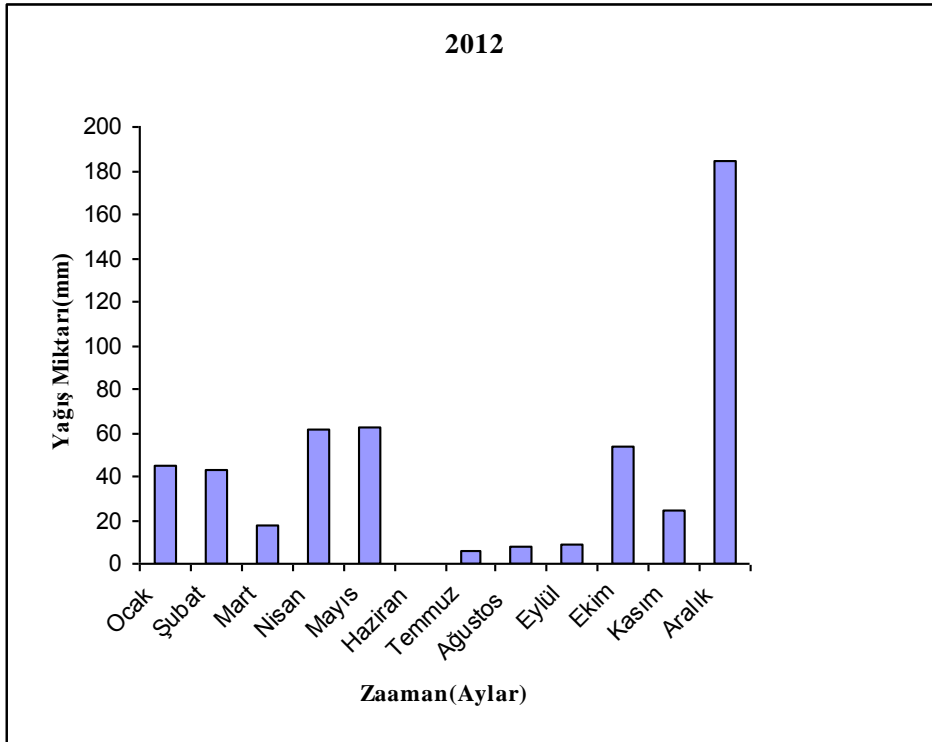
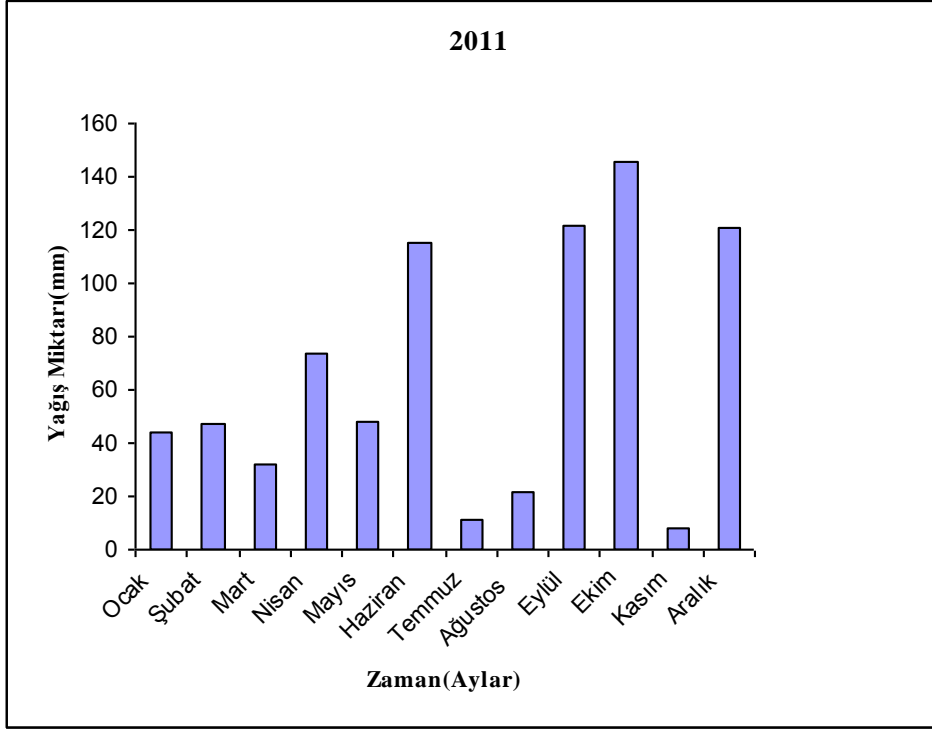
Maksimum hava sıcaklığı ,minimum hava sıcaklığı, ortalama hava sıcaklığı ve yağış araştırma istasyonunda bulunan otomatik ve taşınabilir iklim gözlem seti (Delta-T) ile kaydedilmiştir. 2011-2012 yılı içerisinde elde edilen maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık ve ortalama sıcaklık değerleri Şekil 4.1'de, yağış değerleri Şekil 4.2' de gösterilmiştir.

Şekil 4.1'de görüldüğü üzere 2011 yılı maksimum sıcaklık değeri 33,8 °C ile Temmuz ayında, en düşük maksimum sıcaklık değeri ise 14,9 °C ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. En düşük ortalama sıcaklık değeri 3,4 °C ile Şubat ayında gerçekleşmiş, en yüksek ortalama sıcaklık değeri ise 24,4 °C ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 13,0 °C olarak hesaplanmıştır. Elde edilen 2011 yılı ortalama sıcaklık değeri Tekirdağ ili uzun yıllar sıcaklık ortalamasının (13,9 °C) 0,9 °C altında bulunmuştur. Minimum sıcaklık değerlerine bakıldığında en düşük -5,2 °C ile Şubat ayında, en yüksek 15,2 °C ile Temmuz ayında gerçekleştiği görülmektedir. 2012 yılında ise maksimum sıcaklık değeri 35,8 °C ile Temmuz ayında, en düşük maksimum sıcaklık değeri 13,5 °C ile Ocak ayında gerçekleşmiştir.

En düşük ortalama sıcaklık değeri 3,2 °C ile Şubat ayında, en yüksek ortalama sıcaklık değeri 27,0 °C ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 15,5 °C olarak belirlenmiştir. Elde edilen yıllık ortalama sıcaklık değeri uzun yıllar Tekirdağ yıllık ortalama sıcaklık değerinin 1,6 °C üzerinde bulunmuştur. En düşük minimum sıcaklık değeri - 9,2 °C ile Ocak ayında gerçekleşirken, en yüksek minimum sıcaklık değeri 18,6 °C ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Elde edilen 2011-2012 sıcaklık verileri neticesinde 2012 yılının, 2011 yılına göre daha sıcak geçtiği görülmüştür.



Şekil 4.1. 2011-2012 yılları maksimum, ortalama, minimum sıcaklık (°C)



Şekil 4.2. 2011-2012 yılları yağış (mm) değerleri

Şekil 4.2’de görüldüğü üzere 2011 yılında toplam 788,8 mm yağış gerçekleşmiş olup, en düşük yağış Kasım ayında 8,1 mm ile, en yüksek yağış miktarı ekim ayında 146 mm ile elde edilmiştir. 2011 yılı yağış miktarının ilin uzun yıllar ortalamasından (579,7 mm) 209,1 mm daha fazla gerçekleşmiştir. Bağ yetiştiriciliğinin önemli bir bölümünün yapıldığı Nisan - Eylül dönemleri arasında meydana gelen uzun yıllar yağış ortalaması 145 mm iken, 2011 yılında aynı dönemde 390,9 mm yağış alımının gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu veriler ışığında 2011 yılının oldukça yağışlı geçen bir yıl olduğunu söylemek mümkündür. 2012 yılında ise toplam 515,2 mm yağış gerçekleşirken en düşük yağış 0,2 mm ile Haziran ayında, en yüksek yağış 186,4 mm ile Aralık ayında gerçekleşmiştir. 2012 yılı yağış miktarının ilin uzun yıllar ortalamasının 64,5 mm altında gerçekleştiği belirlenmiştir. 2011 yılında Nisan-Ekim döneminde 390,9 mm yağış meydana gelirken 2012 yılının aynı döneminde 200,2 mm yağış meydana gelmiştir. Bu veriler ışığında 2011 yılının 2012 yılına göre daha yağışlı geçtiği görülmüştür.

4.2. Fenolojik Evreler

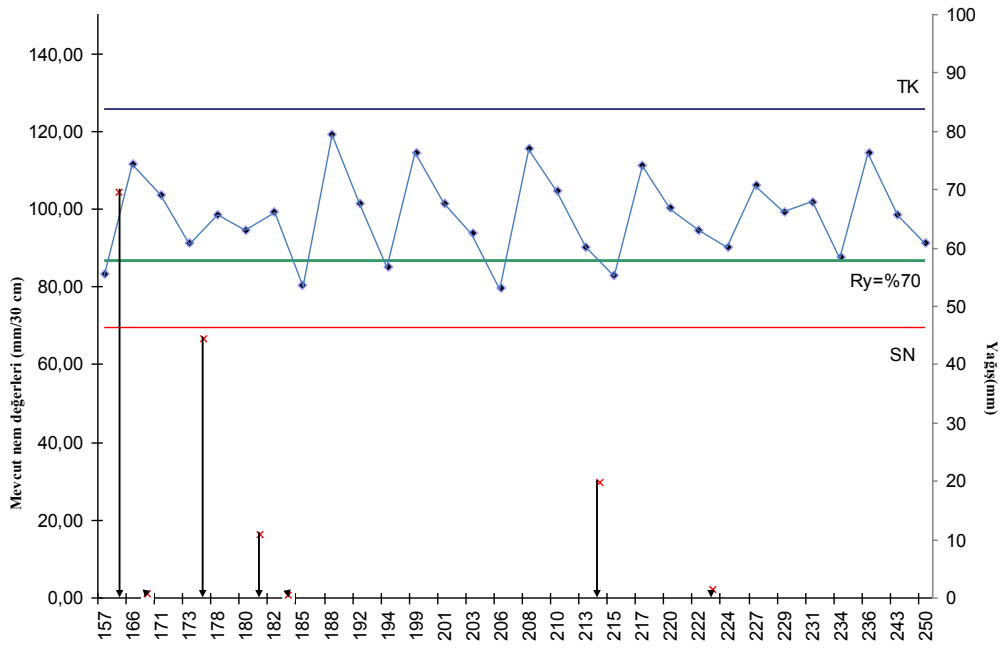
Asmanın fenolojik safhaları başlangıç tarihleri 2011 ve 2012 yıllarında vejetasyon periyodu içerisinde arazide gözlem yapılarak tespit edilmiş ve Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Asmanın 2011 ve 2012 yıllarında fenolojik evreleri başlangıç tarihleri

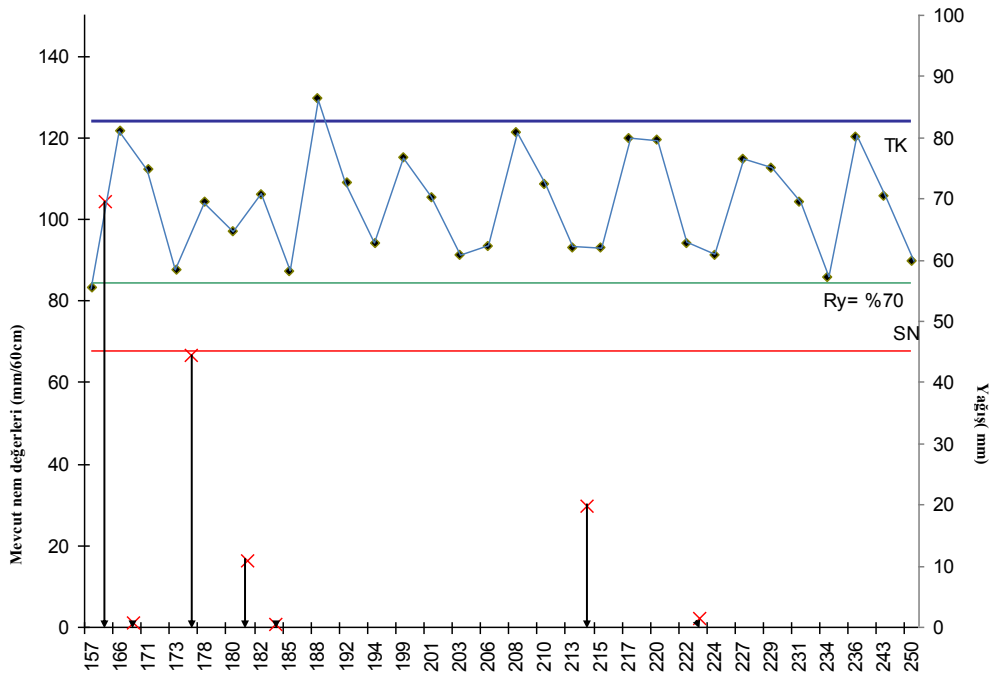
Fenolojik Evreler	Gözlerin Uyanması	Çiçeklenme	Tane Tutumu	Ben Düşme	Olgunluk	Yaprak Dökümü
2011	13.04.2011	15.06.2011	24.06.2011	07.08.2011	28.09.2011	25.11.2011
2012	06.04.2012	29.05.2012	15.06.2012	03.08.2011	10.09.2012	30.11.2012

4.3. Toprak Nem Takibi ve Sulama

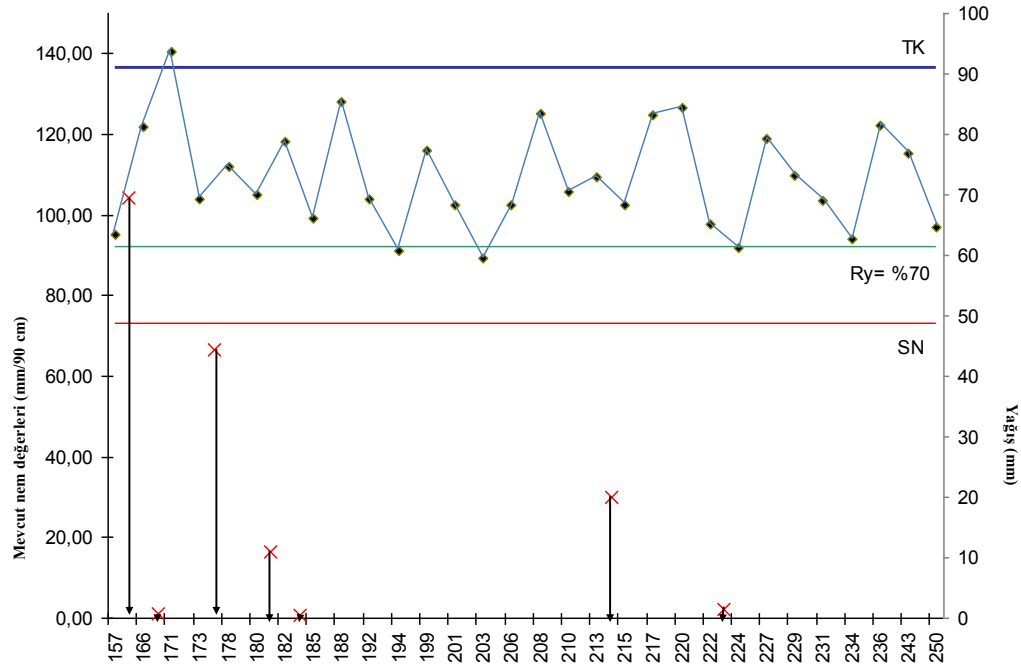
Çalışma dönemi içerisinde 0-90 cm toprak profili derinliğinde toprak nem içeriği gravimetrik yöntemle göre takip edilmiş ve 2011 yılı için 0-90 cm arası her 30 cm katmandaki nem değişimi sırasıyla Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5’te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Toprağın 0-30 cm profil derinliğinde nem değişimi



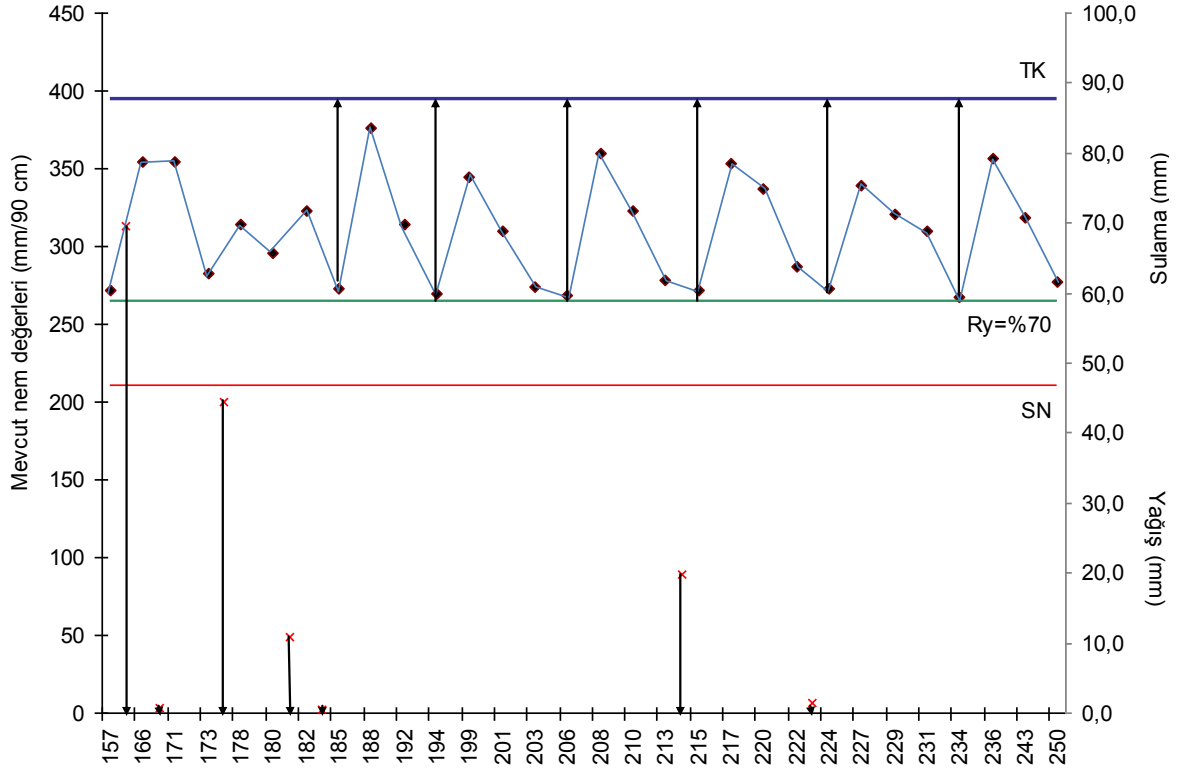
Şekil 4.4. Toprağın 30-60 cm profil derinliğinde nem değişimi



Şekil 4.5. Toprağın 60-90 cm profil derinliğinde nem değişimi

Şekil 4.3, 4.4,4.5'te görüleceği üzere 0-30 cm toprak profil derinliğinde en yüksek nem değeri yılın 188. gününde 119,21 mm ile en düşük nem değeri ise yılın 206. gününde 79,66 mm ile elde edilmiş, 30-60 cm toprak profil derinliğinde en yüksek nem değeri yılın 188. gününde 129,55 mm ile, en düşük nem değeri ise yılın 157. gününde 83,23 mm ile edilmiş, 60-90 cm toprak profil derinliğinde ise en yüksek nem değeri yılın 188. gününde 129,09 mm ile, en düşük nem değeri ise yılın 203. gününde 89,1 mm değeri ile elde edilmiştir. 3 farklı toprak profil derinliğinde toprak nem değişiminin tarla kapasitesi ve solma noktası arasında yağış ve sulamalara bağlı olarak yükseldiği, sıcaklığa ve bitki su tüketimine bağlı olarak da düşüş gösterdiği gözlenmiştir.

Çalışma dönemi içerisinde toprak nemi takip edilerek toprakta kullanılabilir su tutma kapasitesinin %70'nin tüketilmesi durumunda toprak sulama ile tarla kapasitesine getirilmiştir. Toprak nem takibine bağlı olarak gerçekleştirilen sulamalar, dönem içerisinde düşen yağışlarla birlikte şekil 4.6' da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Toprak nem değişimi(0-90cm), sulama ve yağış değerleri

Şekil 4.6' da görüleceği üzere çalışma dönemi içerisinde farklı dönemlerde toplam 147,3 mm yağış gerçekleşmiştir. Yılın 157 ile 185. günleri arası dönemde meydana gelen toplam 126,4 mm yağış sulama başlangıcını geciktirmiştir. Çalışma dönemi içerisinde toprak nemi takip edilerek topraktaki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %70'nin tüketildiği yılın 185. 194. 206. 215. 224. ve 234. günlerinde sulama yapılarak toprak nemi tarla kapasitesine çıkarılmıştır. Toprak nemini tarla kapasitesine çıkarmak için her sulamada 122 mm su verilmiştir. 2012 yılında stres artmasıyla θ_s ve EC_s değerlerindeki değişimi izlemek amacıyla 19 Temmuz 2012 tarihinde sulamaya ara verilerek, 16 Ağustos 2012 tarihinde sulama yapılmış ve nem eksikliğini tarla kapasitesine tamamlamak için 174 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Çalışmada 2011 ve 2012 yıllarında bağda yapılan sulama sayısı, tarihleri ve toplam verilen sulama suyu miktarları Çizelge 4.2' de gösterilmiştir.

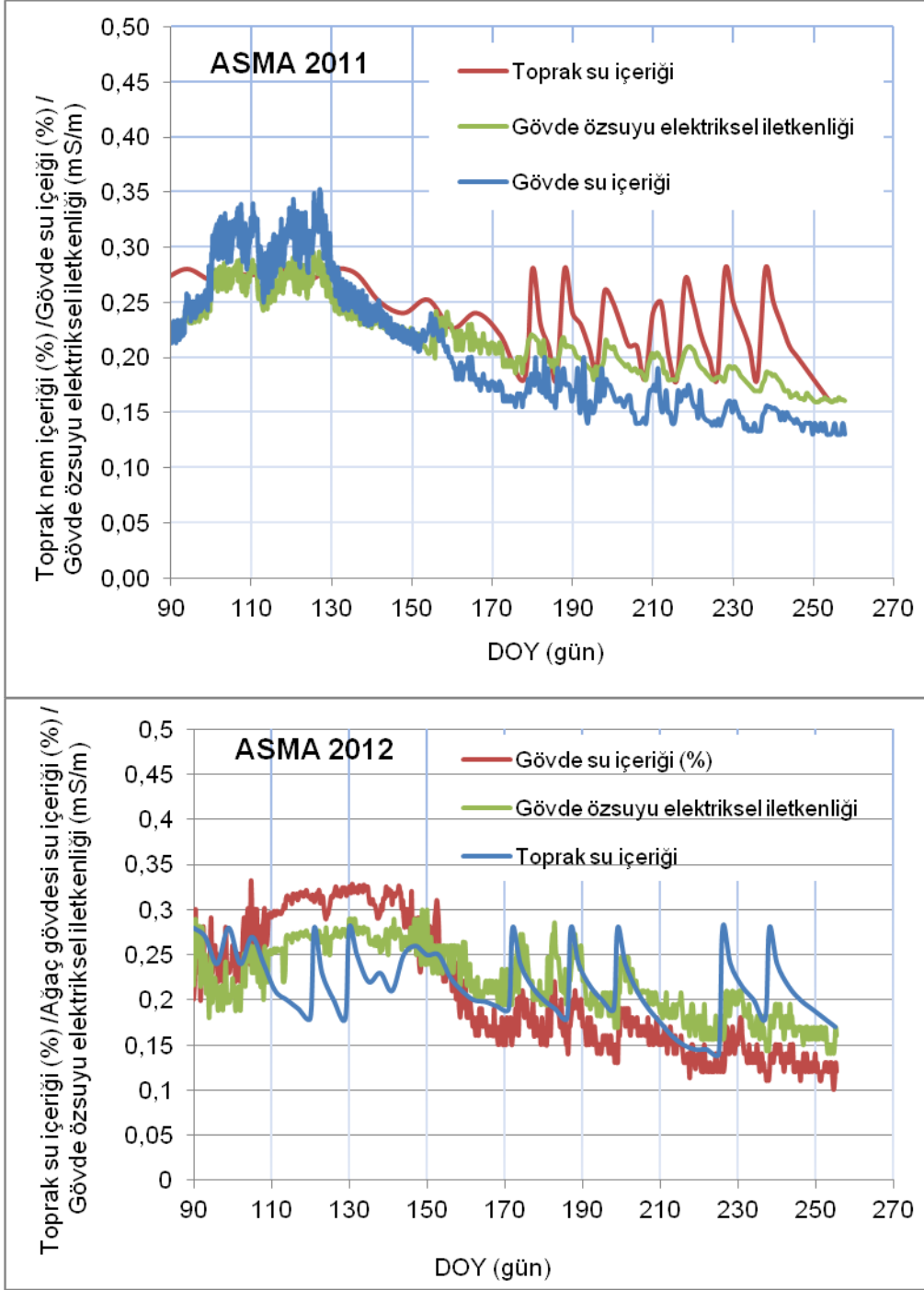
Çizelge 4.2 Bağda 2011 ve 2012 yıllarında yapılan sulama sayısı, tarihleri ve toplam verilen sulama suyu miktarları

2011			2012		
Tarih	Sulama Sayısı	Toplam Sulama Suyu Miktarı (mm)	Tarih	Sulama Sayısı	Toplam Sulama Suyu Miktarı (mm)
05.07.2011	6	768 mm	01.05.2012	7	906 mm
18.07.2011			08.05.2012		
01.08.2011			22.06.2012		
06.08.2011			06.07.2012		
20.08.2011			19.07.2012		
01.09.2011			16.08.2012		
	28.08.2012				

4.4. Gövde Su içeriği ve Elektriksel İletkenlik Ölçüm Sonuçları

Asma için 2011 ve 2012 yılına ait toprak nem değişimine karşılık θ_s ve EC_s değerlerindeki değişim Şekil 4.7' de verilmiştir.

Şekil 4.7 incelendiğinde, 2011 yılında toprak nemi yağışlara bağlı olarak değişmekle birlikte Haziran ayının sonuna doğru bir düşüş göstermiştir. Haziran ayının sonunda kaydedilen yağış ile birlikte toprak nem içeriği tarla kapasitesine (%28) kadar çıkmıştır. Toprak nemi %19 civarına düştüğünde sulama uygulanmıştır. İlk pik (DOY 180) yağışlar nedeniyle oluşmuştur. Sonraki 6 pik sulamaları yansıtmaktadır. Benzer şekilde, 2012 yılında toplam 7 sulama yapılmış olup, her bir pik bir sulamaya karşılık gelmektedir. Toprak nemi 5 Mayıs (DOY 121) kadar sulama gerektirecek seviyeye kadar düşmemiştir. Bu tarihten sonra kurak geçen periyotta 2 sulama yapılmıştır. İkinci ve 3 sulama arası (DOY 129 ve 127 arası) yağışlı gerçekleştiği için uzun süre sulama yapılmamıştır. Beşinci sulamadan sonra (DOY 199 ile 226 arası), TDR ölçümlerindeki değişimi test etmek amacıyla, toprak su içeriğinin solma noktası civarına düşmesine izin verilmiştir. Sulama tarihleri ve sayıları Çizelge 4.2'den de takip edilebilir.



Şekil 4.7 Asma için toprak su içeriği (ağırlık yüzdesi), ağaç gövdesi su içeriği (hacim yüzdesi) ve gövde özsuyu elektriksel iletkenlik (mS/m) değerlerindeki değişimler

Asma gövdesi su içeriği 2011 Nisan ayı başında %20 civarında iken Nisan ayı ortalarında %30'un üzerine çıkmış ve Mayıs ayının ilk haftasına kadar %27- ile %35 arasında sürekli bir değişim göstermiştir. Nisan ayının ortalarına kadar nem içeriğindeki artış nedeninin, gözlerin uyanmaya başlamasıyla birlikte ksilem borularının açılması ve ağaç gövdesine suyun hızlı bir şekilde iletilmesi sonucu olduğu söylenebilir. Mayıs ayından sonra, asma gövdesi su içeriği, toprak nem içeriği ile paralellik arz etmekle birlikte sürekli azalma eğilimine girmiş ve toprak nem içeriğinde olduğu kadar büyük değişiklik göstermemiştir. Sulamalar sonucu toprak nemindeki pikler, asma gövdesi su içeriğinden de takip edilmektedir. İki sulama arasında toprak nem içeriğindeki 9 birimlik bir değişime karşılık (%28 ve %19 arası), gövde su içeriğinde yaklaşık 4,5 birimlik bir değişim meydana gelmiş ve sezon sonuna doğru da düşüş göstermiştir. Bu sonuç ilk bakışta toprak nemini takip ederek sulama programlarının yapılmasının daha kolay ve hassas olacağı izlenimini vermektedir. Ağustos ayının sonuna doğru (DOY 240'a doğru), asma gövdesinin su içeriği minimum bir değer almış ve ölçümlerin hassasiyeti azalmıştır. Bu dönemden sonra toprak nem içeriği ile uyum zayıflamıştır. Bu ise, bitkinin yavaş yavaş ksilem borularını kapatarak kışa hazırlandığı şeklinde kabul edilebilir.

Asma gövde özsuyu EC değerleri, gövde su içeriği ile aynı trendi göstermiştir. Bu durumda ağaç gövdesi su içeriği yerine gövde özsuyu EC değerleri takip edilebilir.

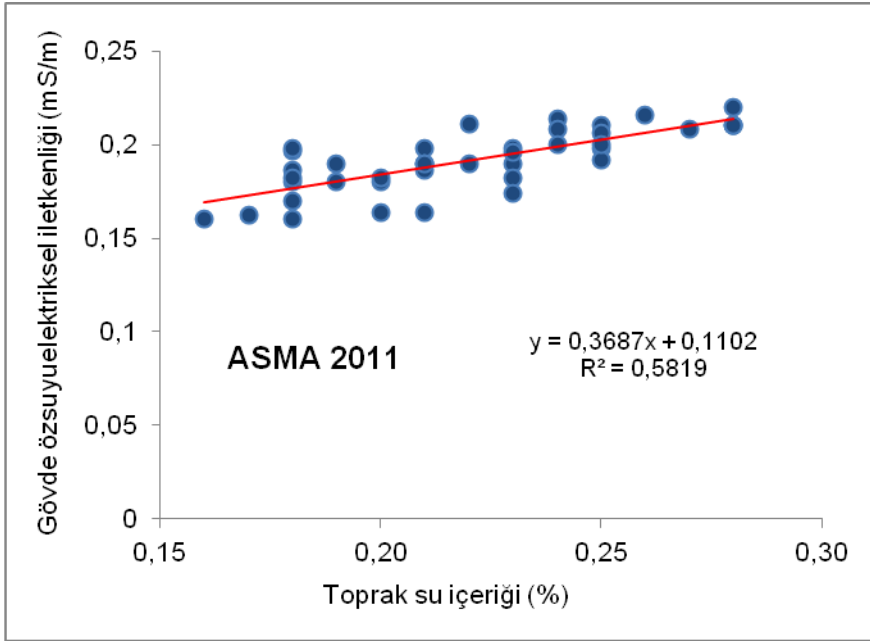
Denemenin ikinci yılında (2012) da benzer sonuçlar elde edilmiştir. İkinci yıldaki 5. sulamadan sonra toprak neminin solma noktasına kadar düşmesi beklenenin aksine θ_s ve EC_s değerlerinde fazla bir değişiklik oluşturmamıştır.

Ancak yaprak su potansiyeli ve CWSI verileri dikkate alındığında, asma bitkisinin ciddi bir su stresine girmediği söylenebilir. Yaprak su potansiyeli değeri -1.7 MPa' kadar düşmüştür. Asmanın su stresine girmemesi ise, ya 90 cm altındaki toprak profilinden su aldığı, ya da su stresine karşı dayanıklı bir bitki olduğu şeklinde yorumlanabilir.

4.5. Toprak Su İçeriği- Gövde Özsuyu Elektriksel İletkenliği İlişkisi

TDR yöntemi pahalı ve çiftçi kullanımı açısından karmaşık bir yöntemdir. Bu nedenle, gövde su içeriği ölçümü yerine daha ucuz ve kolay bir yöntem olan elektriksel iletkenlik metodunun kullanılıp kullanılmayacağı bu araştırmanın en önemli amaçlarından birisidir. Elektriksel iletkenlik veya direnç ölçüm yöntemi, ucuz (TDR'ın %3'ü), basit ve otomatize edilebilir direkt bir yöntemdir.

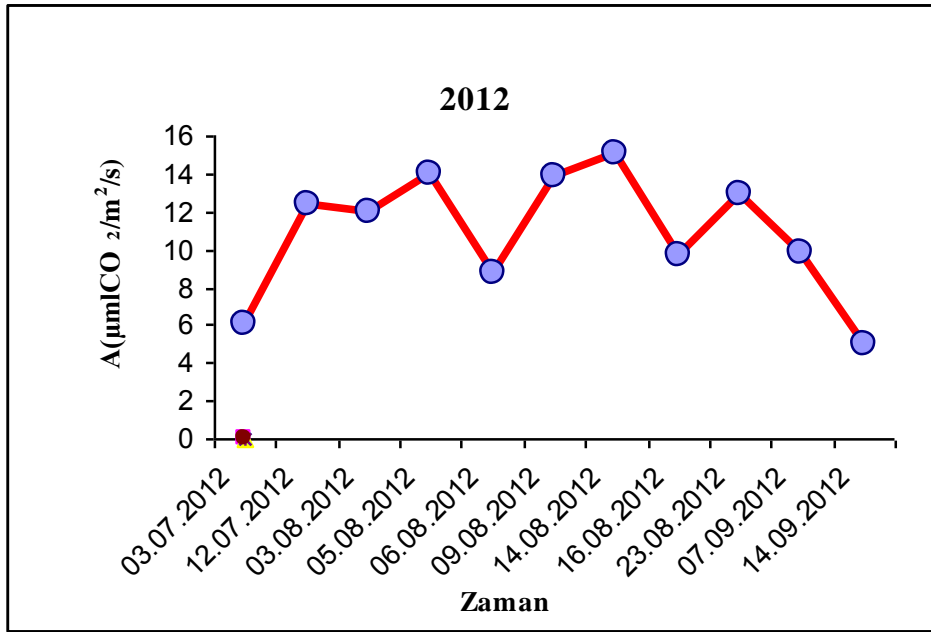
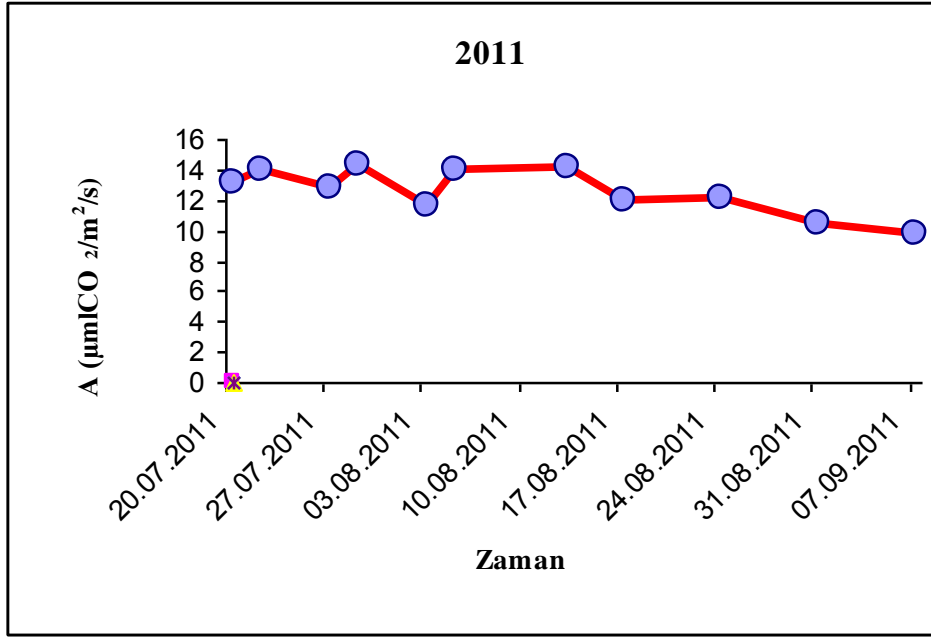
Şekil 4.7'den EC_s , hem θ_s hem de toprak su içeriği ile aynı eğilimi gösterdiği görülebilir. Şekil 4.8 asma için 2011 yılında toprak su içeriği ile EC_s , arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Buna göre, asma için EC_s , değerleri ile de toprak nem içeriği arasında istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) doğrusal ($R^2: 0.58$,) bir ilişki belirlenmiştir. Böylece, bitki su stresinin belirlenmesinde veya toprak nem takibine göre sulama zamanının planlanması yerine gövde özsuyu EC veya direnç değerleri kullanılabilir. Benzer ilişki ve katsayılar 2012 yılı içinde bulunmuştur.



Şekil 4.8. Asmada toprak su içeriği ile gövde özsuyu elektriksel iletkenlik değerleri arasındaki ilişki

4.6. Yaprak Gaz Değişimi (Fotosentez, Stoma İletkenliği ve Transpirasyon)

Yaprak gaz değişimi ölçümleri (fotosentez, stoma iletkenliği ve transpirasyon) Licor fotosentez 6400XT analyzer ile 10-12 saatleri arasında tam güneşlenmiş olgun yaprakta ölçülmüştür. Elde edilen değerler sırasıyla Şekil 4.9, 4.10 ve 4.11 gösterilmiştir.

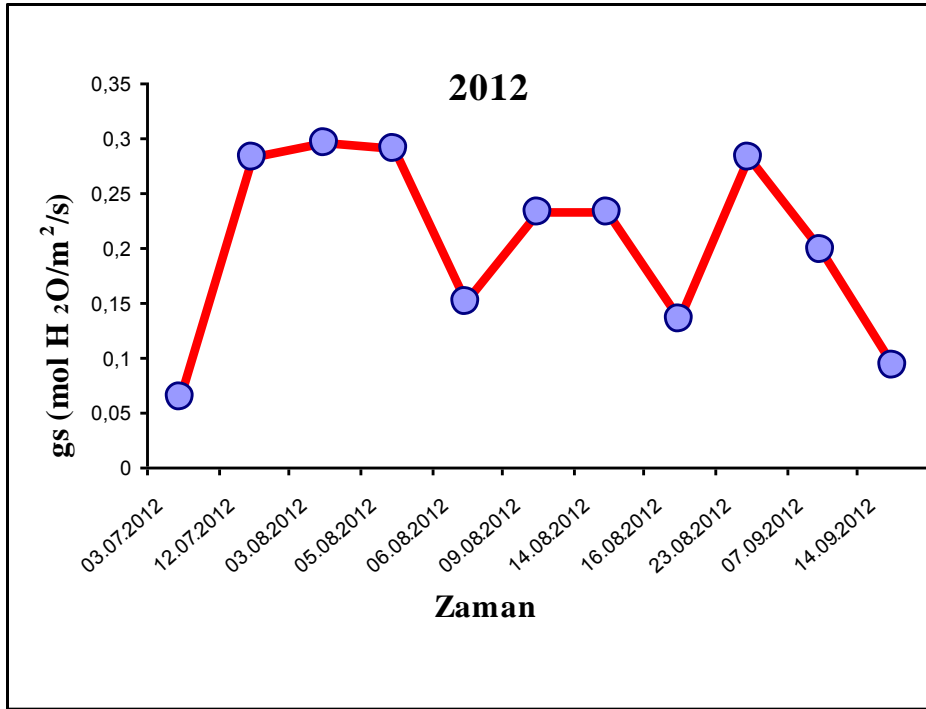
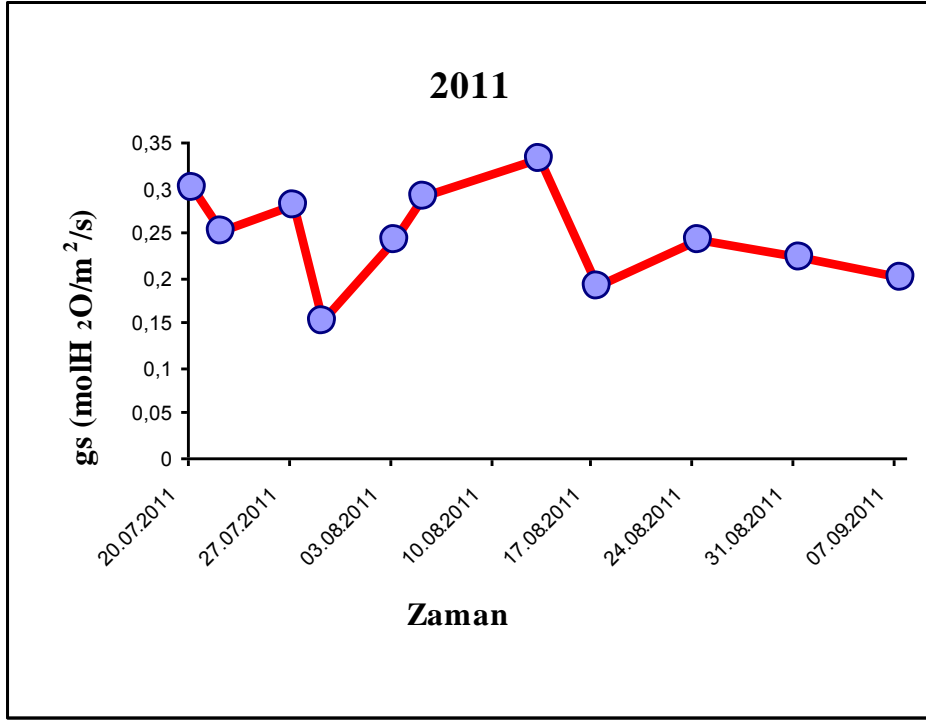


Şekil 4.9. Bağda 2011 ve 2012 yıllarında elde edilen fotosentez ölçüm sonuçları

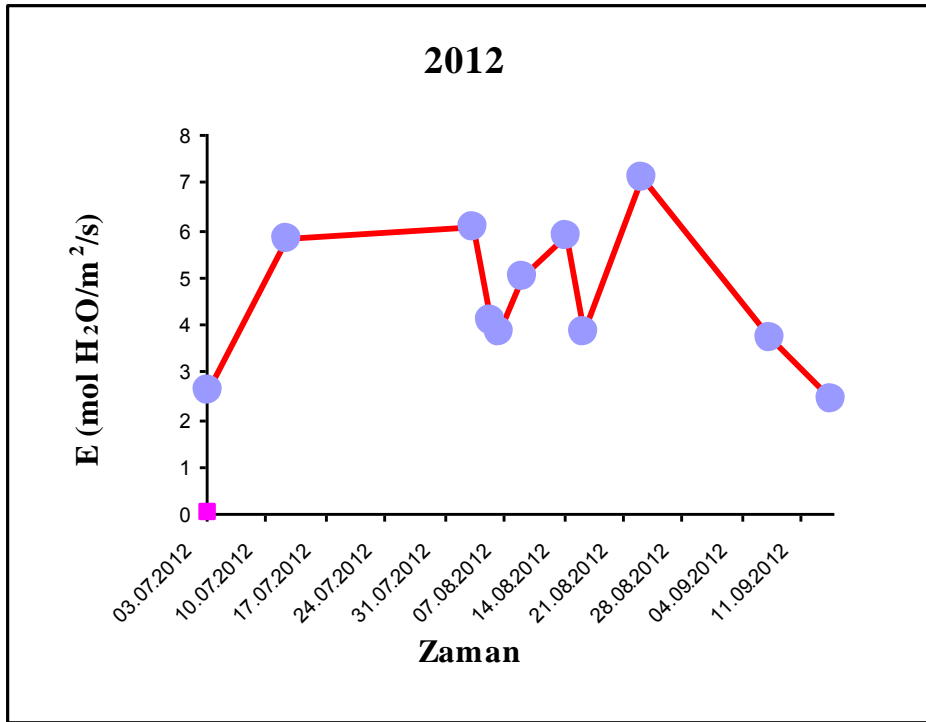
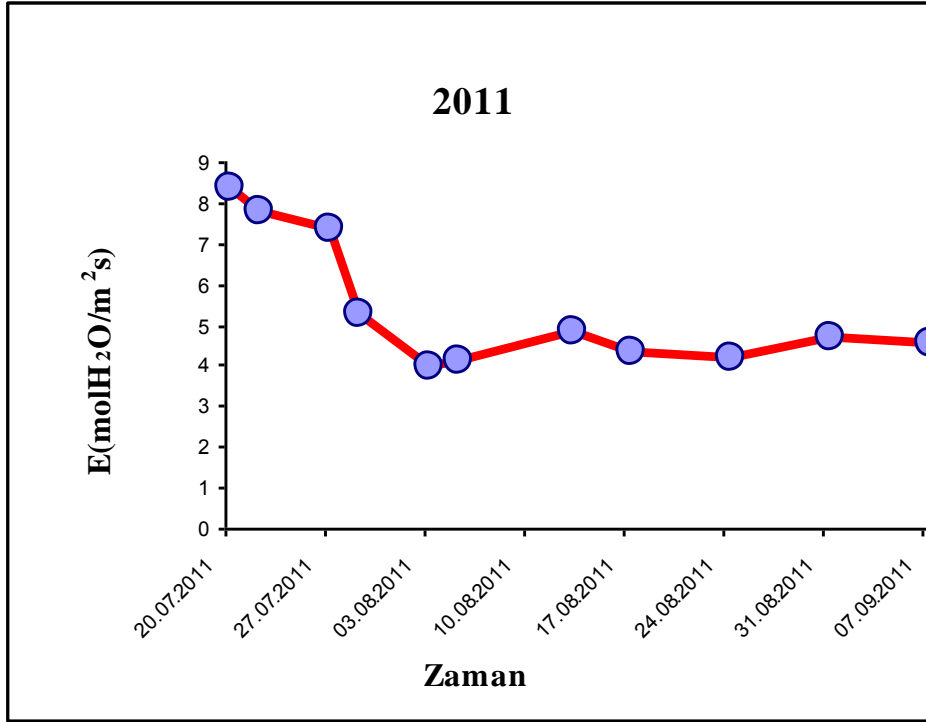
Şekil 4.9' da görüldüğü üzere, 2011 yılı fotosentez değerlerinin 9,77 ile 14,32 $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ arasında değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. 2012 yılında elde edilen fotosentez değerleri ise 6,02 ile 14,99 $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ değişim göstermektedir. Bir yapraktan elde edilen fotosentez sonuçları çeşitler bazında farklılık göstermekle birlikte normal koşullarda 18 $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ kadar çıkabilmektedir. Bu değer 8 $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ atına düşmesi durumunda asmanın strese girdiği kabul edilmektedir (Bahar 2011).

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere 2011 yılı çalışma dönemi içerisinde elde edilen stoma iletkenliği oranlarının 0,15 – 0,33 mol $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ arasında değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. 2012 yılında ise 0,06 ile 0,29 mol $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ arasında değişim göstermiştir. Stoma iletkenliğinin 0,10 mol $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ altına düşmesi durumunda asmanın strese girdiği kabul edilmektedir (Bahar 2011). 2011 yılında elde edilen stoma iletkenliği değerleri asmada su stresinin olduğunu gösteren 0,10 değerinin üzerinde bulunmuştur. 2012 yılında ise sadece asmada 03.07.2012 tarihinde elde edilen 0,06 mol $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ değeri su stresi bakımından kritik değer altında bulunmuştur. Eylül ayında su stresi açısından kritik değer altında bulunan ölçüm sonucu ise vejetasyon periyodunun sonlarına doğru yaklaşılması nedeniyle doğal bir sonuç olarak kabul edilmiştir.

Şekil 4.11'da görüldüğü üzere çalışma dönemi içerisinde elde edilen transpirasyon değerleri 4,15 – 8,35 mol $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ arasında değişim göstermektedir. Transpirasyon miktarını 4 mol $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ in altına düşmesi durumunda asmanın strese girdiği kabul edilmektedir (Bahar 2011). Çalışma dönemi içerisinde ölçülen fotosentez, stoma iletkenliği ve transpirasyon değerleri toprakta 0-90 cm profil derinliğinde kullanılabilir su tutma kapasitesinin %70'nin tüketilmesine rağmen asmanın strese girmediğini göstermektedirler.

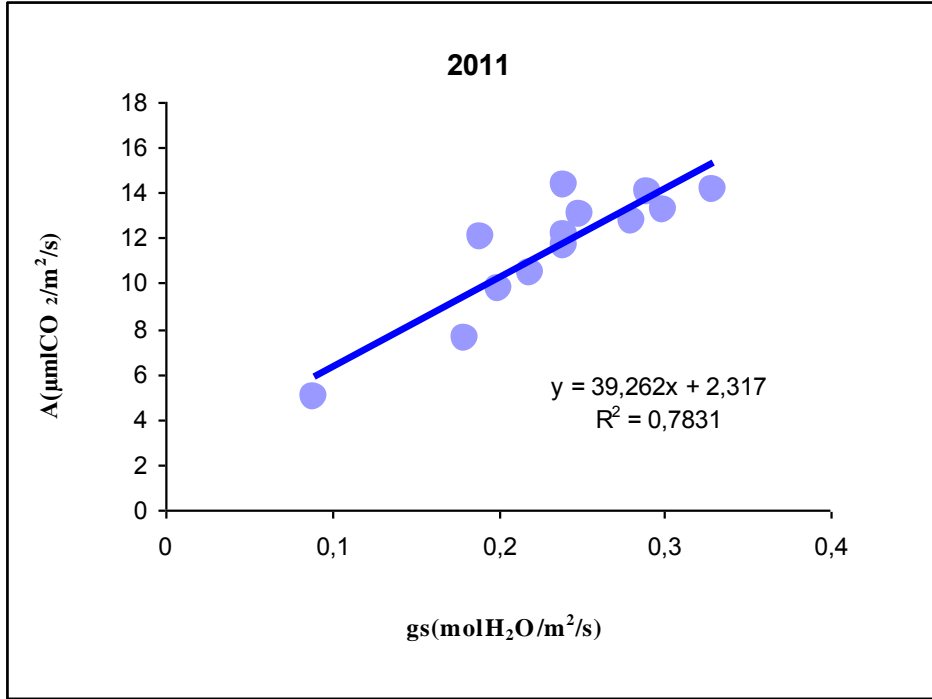


Şekil 4.10. Stoma iletkenliği ölçüm sonuçları



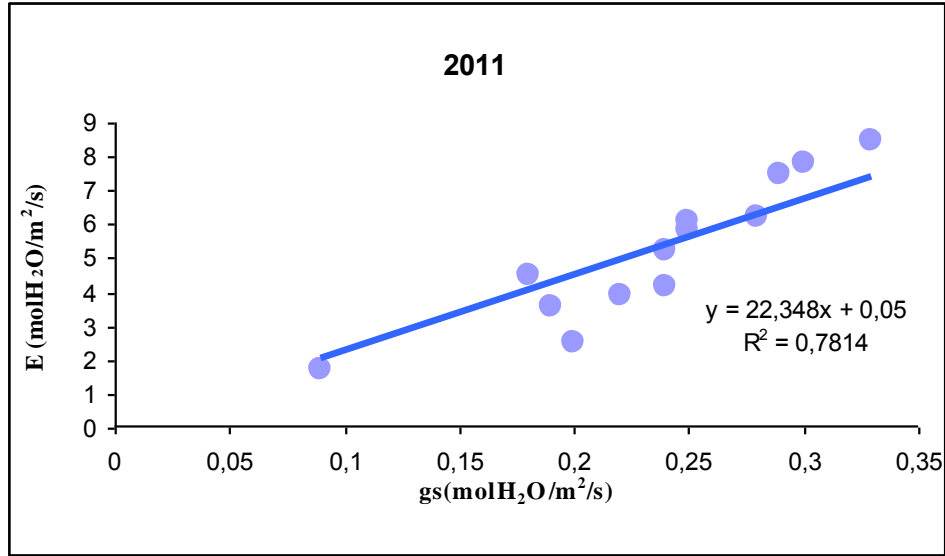
Şekil 4.11 Transpirasyon ölçüm sonuçları

Elde edilen fotosentez değerleri ile stoma direnci arasındaki ilişkinin incelenmesi sonucunda fotosentez ve stoma iletkenliği arsında bir ilişki tespit edilmiştir. Literatürde fotosentez ve stoma iletkenliği arsında çalışmamızda bulunan önemli düzeyde ($R^2 = 0,78$, $p < 0.01$) ve doğrusal yönlü bulunan ilişkiyi destekleyici nitelikte çalışma mevcuttur. 2012 yılında da fotosentez ve stoma iletkenliği arsında benzer ilişki bulunmuştur. Bulunan ilişki şekil 4.12’de gösterilmiştir.



şekil 12. Fotosentez – Stoma iletkenliği ilişkisi

Elde edilen stoma iletkenliği değerleri ile transpirasyon miktarı arasındaki ilişkinin incelenmesi sonucunda stoma iletkenliği ile transpirasyon miktarı arsında önemli düzeyde ($R^2 = 0,78$, $p < 0.01$) ve doğrusal yönlü ilişki tespit edilmiştir. Bulunan ilişki şekil 4.13’de gösterilmiştir.

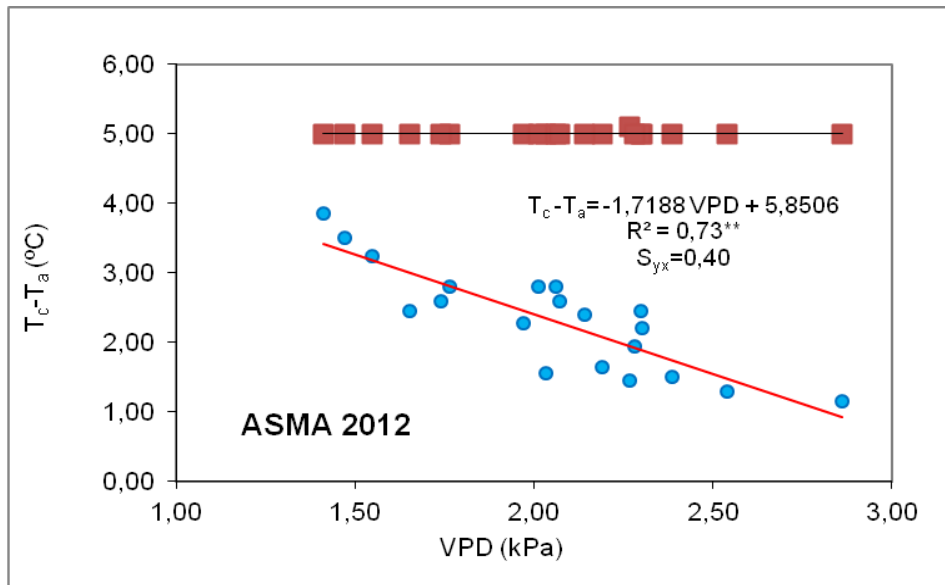


Şekil 4.13. Stoma iletkenliği- transpirasyon ilişkisi

4.7. Yaprak Taç Sıcaklığı Ölçüm Sonuçları

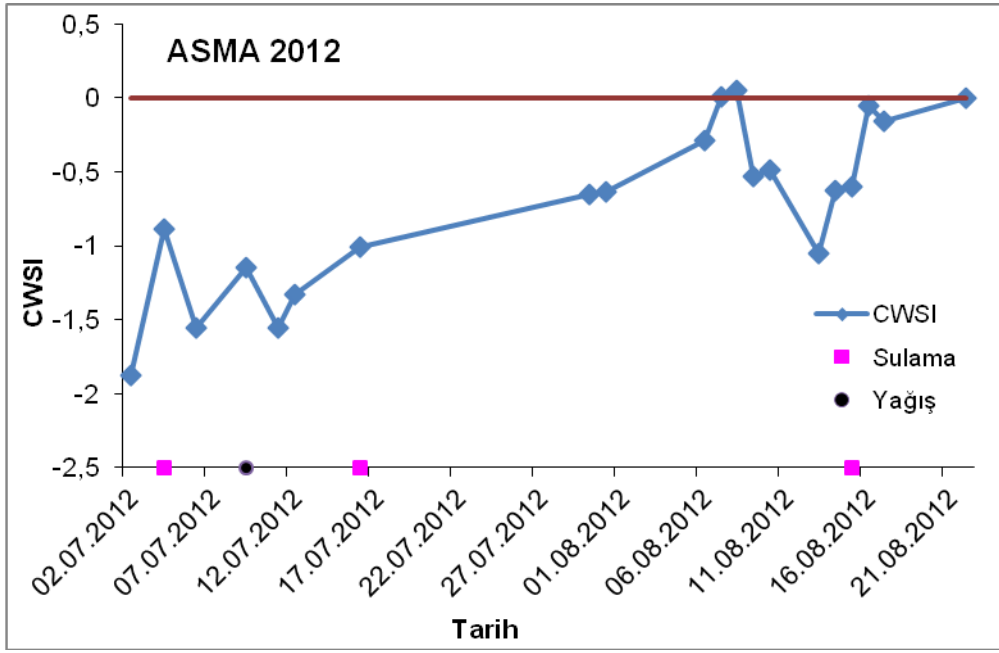
Araştırmada bitki su stresi indeksi değerleri ve bu değerlerin hesaplanması için gerekli alt baz denklemlerinin hesaplanmasında kullanılabilir su tutma kapasitesinin %70' inin tüketildiği optimum koşullarda sulanan deneme konuları dikkate alınmıştır.

Araştırmada, asma için maksimum ve minimum su stresi koşullarında üst ve alt sınır değerlerini gösteren temel grafikler 2012 yılı için sırasıyla Şekil 4.14'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Asma bitkisi için minimum stres koşullarında yaprak-hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) ile buhar basıncı açığı (VPD) arasındaki ilişki

Şekil 4.14'den izlenebileceği gibi Tekirdağ koşullarında bağ için üst baz değeri 5.0 °C civarında değişmektedir. Kullanılabilir su tutma kapasitesinin %70' i tüketildiğinde sulamaya başlanan ve su ihtiyacının tamamının karşılandığı konulardan elde edilen alt baz denklemlerini ifade eden belirtme katsayılarının (R^2) $p < 0.01$ düzeyinde önemli olması ve standart sapmaların küçük olması, yüksek doğruluk düzeyini ifade etmektedir. Denemenin yürütüldüğü 2012 yılına ait infrared termometre ölçümlerinden ve alt-üst baz değerlerinden yararlanılarak elde edilen CWSI değerlerinin değişimi grafiklendirilerek, Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.15. Asma bitkisi için optimum konuya ilişkin CWSI değişimleri

Idso ve ark. (1981) gibi çok sayıda yayında belirtildiği gibi teorik olarak bitki su stres indeksi değerleri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Alderfasi ve Nielsen (2001)' de açıklandığı üzere ise, uygulamada bu aralığın dışına çıkabilen çok sayıda değer elde edilebilmektedir ve bunun sebebi bitkilerin stres tepkilerindeki farklılığa, ölçümler ya da hesaplamalar sırasında yapılabilecek hatalara bağlanabilmektedir.

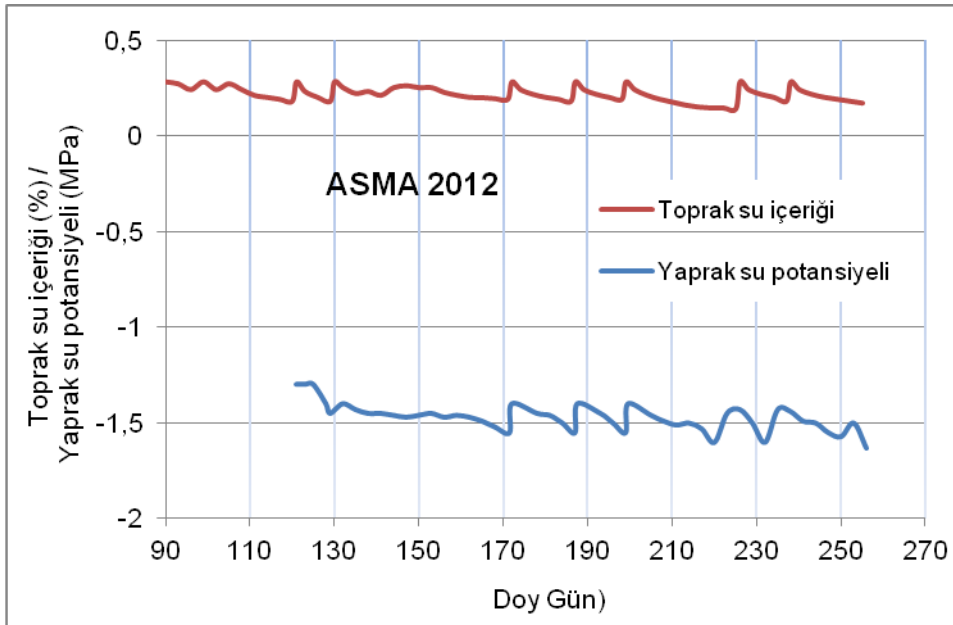
Bitki su stres indeksi grafiği (Şekil 4.14) incelendiğinde; genel olarak, sulama sonrası günlerde ve yağışlı havanın gözlemlendiği günler civarında CWSI değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Mevsim boyunca stres düzeyini etkileyecek bir etkili yağış görülmemiştir. Sadece 10 Temmuz 2012 (DOY 190) tarihinde 7,4 mm yağış düşmüştür ve bağ için 07 Ağustos 2012 (DOY 217) tarihlerinden sonra CWSI değerleri pozitif olmaya bir başka deyişle

stres düzeyi artmaya başlamıştır. Stresin artmaya başladığı bu günlerin, sulamanın programlandığından farklı olarak bilinçli bir şekilde ertelendiği aralıkta olduğu dikkat çekmektedir. Çeşitlere ilişkin mevsimlik ortalama CWSI ile sulama öncesindeki ortalama CWSI değerlerinin eldesinde 0 – 1 arasında yer alan pozitif değerler dikkate alınmalıdır. Ancak; eğilimlerin genellikle negatif değerlerden oluşması nedeniyle bu ortalamalar hesaplanmamıştır. Dolayısıyla sulamaya başlanacak stres düzeyi önerisinde bulunulması doğru olmayacaktır.

Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, özellikle sulama başlangıcına toprak nemi izlenerek karar verildiği için, bitki tam olarak strese girmeden sulandığı ve bu nedenle CWSI değerleri düşük seyrettiği şeklinde yorumlanabilir. Yaprak su potansiyeli ve TDR ölçümleri de CWSI ile ilgili sonuçları doğrulamaktadır. Asmanın hiç su stresine girmediği (Şekil 4.14) belirtilebilir.

4.8. Yaprak Su Potansiyeli Ölçüm Sonuçları

Asmada toprak su içeriğindeki değişime karşı, 1 Mayıs 2012 (DOY 121) ile 15 Eylül 2012 (DOY 255) tarihleri arasında takip edilen yaprak su potansiyeli değerleri şekil 17 de gösterilmiştir.



Şekil 15. Toprak su içeriğine karşı asma bitkisi yaprak su potansiyeli değişimi

Yaprak su potansiyeli asmada toprak neminin en düşük olduğu dönemlerde -1.6 MPa, sulamadan hemen sonra ise -1.4 MPa civarında değer almıştır. Asmada -1.4 MPa' da stresin

başladığı ve -1.6 MPa'dan daha düşük değerlerde ciddi su stresi yaşandığı belirtilmiştir (Smithyman ve ark. 2001, Bahar ve ark. 2011). Bu çalışmada yaprak su potansiyelinin 1.6 MPa'dan aşağıya düştüğü gün sayısı son derece sınırlıdır. Bu nedenle asmanın çok yüksek düzeyde strese girmediği belirtilebilir.

4.9. Çalışmada Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması

Bağda TDR ile gövde su içeriği ve gövde öz suyu elektriksel iletkenliğinin ölçülmesi suretiyle su stresi ve sulama zamanını belirlemek için yürüttüğümüz çalışmada kullanılan bu yönteme ilave olarak, gravimetrik yöntem, yaprak su potansiyeli, yaprak taç sıcaklığı ve yaprak gaz değişim ölçümleri bağın stres düzeyinin belirlenmesinde karşılaştırma yapmak amacıyla kullanılmıştır.

Gravimetrik yöntem ile toprak su içeriğinin belirlenmesi doğru ve güvenilir sonuç vermektedir. Fakat örneklerin alımından 1 gün sonra sonucun elde edilmesi, uygulama için kurutma fırınına ihtiyaç duyulması, yoğun işçilik gerektirmesi ve toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin düşmesine paralel olarak el burgusu ile arazide örnek almanın zorlaşması ve yöntemin otomotize edilebilir olmaması yöntemin dezavantajlı taraflarıdır. Ayrıca bağ gibi kuvvetli kök yapısına sahip, kuraklığa dayanıklı bir bitki için 0-90 cm profil derinliğinde kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 70'i (bir çok bitki türü için toprakta kullanılabilir su tutma kapasitenin bu seviye düşmesi durumunda ciddi su stres yaşanırken) tüketilmesi durumunda sulama yapılmasının bağın gerçek stres düzeyini yansıtmadığı elde edilen yaprak gaz değişimi ve yaprak taç sıcaklığı sonuçlarından anlaşılmaktadır.

TDR bağda gövde su içeriği ve gövde öz suyu elektriksel iletkenlik ölçümleri açısından gerçek koşullarda kullanılabilir olarak bulunmuştur. TDR elde edilen verilerin otomotize edilir olması ve istenilen sıklıkta veri alımına olanak sağlaması TDR yönteminin kullanımında avantajlı taraflarıdır. Fakat TDR pahalı bir alet olup çiftçiler tarafından kullanılması ekonomik değildir ve kullanıcı açısından teknolojisi oldukça karışıktır. Ayrıca TDR çok hassas bir cihaz olup etrafta oluşacak herhangi bir gürültüden etkilenmektedir. TDR dan elde edilen verilerde 2 sulama aralığı arasında çok fazla dalgalanma gözlenmesi cihazın bu hassasiyetine bağlanabilir. TDR ile bağ gövde su içeriğinde 4,5 birim değişim gözlenirken toprak nem içeriğinde 9 birimlik bir değişim görülmüştür. Toprak nem içeriği ve gövde su içeriği arasında bir uyum bulunmasına rağmen elde edilen değerler arasında yaklaşık 2 katlık fark olmasının nedenleri olarak bağın kuraklığa dayanıklı ve kendisini ortam şartlarına adapte

etme yeteneğine sahip bir bitki olması olarak açıklanabilir. Ayrıca TDR dan elde edilen gövde öz suyu elektriksel iletkenliği değerleri ile toprak nem değişimleri arasında iyi bir uyumun bulunması, TDR'a nazaran daha ucuz bir EC ölçüm aleti ile gövde özsuyu elektriksel iletkenliğini takip ederek sulama zamanının belirlenmesi mümkün olacaktır.

Yaprak taç sıcaklığı ölçümleri yaprak sıcaklığı ile havanın buhar basıncı açığından yararlanarak bitkinin içerisinde bulunduğu stres seviyesini ortaya koyan bitkiye dayalı bir yöntemdir. Çalışmada elde edilen CWSI değerleri asmanın su stresine girmediğini ortaya koymaktadır. Toprak nemindeki değişimle yaratılmak istenen stres düzeyinin bu ölçümler neticesinde gerçekleşmediği görülmektedir. Yaprak taç sıcaklığı ölçümü pratikte basit uygulanabilir bir yöntem olmasına rağmen, cihazın okuma açısı, okuma yapılan yaprağın açısı ve yönü, havanın durumu okuma sonuçları üzerine etki yapmaktadır. Ayrıca literatürde CWSI değerlerinin 0-1 değerleri arasında olması gerektiği ama uygulamada 0'ın altında eksi değerlerde elde edildiği çeşitli yazarlar tarafından belirtilmektedir. Bu açıdan yönetimin sonuçlarının değerlendirilmesi tartışmalıdır.

Yaprak gaz değişim ölçümü son yıllarda çeşitlerin su stresi ve kuraklığa olan dayanımlarını belirlemede kullanılan yaygın bir yöntemdir. Bu yöntemle birçok parametreyi (fotosentez, stoma iletkenliği, transpirasyon, yaprak sıcaklığı, oransal nem, hava sıcaklığı) aynı anda ölçmek ve değerlendirmek mümkündür. Bu yöntemle elde edilen sonuçlar oldukça doğrudur. Fakat yöntemde kullanılan cihazlar oldukça pahalıdır ve yöntemin uygulanması havanın açık ve güneşli olmasına bağlıdır. Çalışmada yapılan ölçüm sonuçlarında toprak nemindeki değişimle beklenen stres düzeyinin aksine bağda yüksek seviyede su stresinin yaşanmadığı belirlenmiştir. Yöntemde kullanılan ölçüm cihazlarının karşılanabilmesi durumunda sulamaların bu yöntemle yapılması önerilmektedir.

Yaprak su potansiyeli ölçümleri bitkinin içsel su durumunu belirlemekte ve bu nedenle elde edilen sonuçlar doğru olarak kabul görmektedir. Bu yöntemle arazide taşınabilir basınç odası aleti ile ölçüm yapma imkânı mevcuttur. Fakat bitki yapraklarının ölçüm için koparılması, ölçümlerin yoğun emek gerektirmesi, otomotize edilebilir olmaması, yöntemin sadece açık güneşli havalarda yapılabilmesi ve ölçüm anında atmosferde oluşabilecek değişimlerden sonuçların etkilenmesi yöntemin dezavantajlı taraflarıdır. Çalışmada öğle vakti yaprak su potansiyeli ölçümleri yapılmış ve elde edilen değerler neticesinde bağın çok yüksek derecede strese girmediği, toprak nem değişimleri ve sulama değerleri ile uyumlu bir şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir. Yöntemde kullanılan basınç odasının fiyatının yaprak gaz

değişimi ve TDR yöntemine nazaran daha ucuz olması ve elde edilen sonuçların bitkinin su durumunu yansıtması açısından sulamaların yaprak su potansiyeli değerine göre yapılması önerilmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışma ile TDR yöntemi bağda tarla koşullarında su stresini ve sulama zamanını belirlemek amacıyla ilk kez kurulmuş ve güvenilir veriler elde edilmiştir. Literatürde farklı orman ağaçlarında ve kültür bitkilerinde çeşitli amaçlarla TDR yönteminin uygulandığını belirten yayınlar mevcuttur. TDR yöntemi ilk kez servi ve meşe ağaçlarında gövde su içeriği ve gövde öz suyu elektriksel iletkenlik ölçümlerinde Constantz ve Murphy (1990) tarafından uygulanmıştır. Daha sonra ise Wullschleger ve ark. (1996) kızıl akçaağaç ve meşede, Irvine ve Grace (1997) sarıçamda, Santana ve ark. (2008) Akdeniz meşesinde, Nadler ve ark. (2008) 7 farklı lokal ağaçtan aldığı 0,3-0,7 m uzunluğundaki 35 mm'den daha küçük çapa sahip dallarda, Nadler ve ark. (2008) ilk kez canlı meyve ağaçlarında (mango, zeytin, muz, hurma) perlit ortamında TDR yöntemini başarıyla kullanmışlardır.

Bağda gövde öz suyu değerleri $0,35\text{m}^3/\text{m}^3$ - $0,10\text{m}^3/\text{m}^3$ arasında değişirken, gövde öz suyu elektriksel iletkenlik değerleri gövde öz suyundaki değişim paralel bir şekilde 35 mS/m-15 mS/m değerleri arasında değişmiştir. Her iki yılda vejetasyon periyodu içerisinde en yüksek değerler Mayıs ayı içerisinde, asmanın su tüketiminin hızlı olduğu sürgün ve yaprakların hızlı gelişim döneminde gerçekleştiği görülmektedir. Daha sonraki dönemde ise bağın gelişme hızındaki yavaşlamaya ve toprak nem değişimine paralel olarak değerlerde düşüş gözlenmiştir. Santana ve ark. (2008)'de yürüttükleri çalışmada 16 bitkiden en yüksek gövde su içeriği ve elektriksel iletkenlik değerlerini Nisan-Mayıs aylarında bitkilerin yeni yapraklar oluşturmaya başladıkları dönemde elde etmişlerdir. Zamanla bitkinin gelişim hızındaki yavaşlama ve toprak nemindeki azalmaya paralel olarak değerlerin düşüş gösterdiğini bildirmişlerdir. Literatürde farklı bitki türleri için çeşitli değerler görmek mümkündür. Gövde öz suyu ve öz su elektriksel iletkenlik değerlerinin çeşitlere bağlı olarak farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır.

Elde edilen sonuçlar neticesinde TDR ile gövde su içeriği ve gövde öz suyu elektriksel iletkenlik sonuçlarının toprak nem değişimi ile uyumlu olduğu, toprak nem değişimi 9 birim civarında gerçekleşirken gövde öz suyu ve elektriksel iletkenlikte bu değişim 4,5 birim civarında gerçekleşmiştir. Bu farklılığın nedeni olarak yapılan yaprak gaz değişimi ölçümleri ve yaprak taç sıcaklığı ölçümleri neticesinde asmanın ciddi bir su stresine girmediğinin belirlenmesi sonucunda bağın kuraklığa dayanıklı bir bitki olması sebebiyle ortam koşullarına kendisini iyi adapte etme yeteneğine sahip olması, kuvvetli kökleri vasıtasıyla toprakta daha derinlerden su alabilmesi olarak açıklanabilir. Nitekim literatürde bu konuda lehte ve alehte

çalışmalar mevcuttur. Nadler ve ark. (2008) lizimetrede perlit ortamında yetiştirdikleri mango, zeytin, muz, hurma üzerinde yürüttükleri çalışma neticesinde, perlit ortamının nem değişiminin meyve türlerinin gövde su içeriğindeki değişimleri tamamlayıcı nitelikte eşlik ettiğini belirtmişlerdir. Fakat perlit ortamında elde ettikleri nem değişim değerlerini yayında belirtmemişlerdir. Santana ve ark. (2008) iki farklı Akdeniz meşe çeşidi üzerinde 2004 ve 2006 yıllarında yürüttükleri çalışmada gövde su içeriği değerleri ile 0-50cm, 50-100 cm profil derinliğindeki toprak nem değişimi arasında pozitif yönlü istatistiksel olarak önemli düzeyde bir ilişki elde etmelerine karşın ilişki katsayısını (0-50cm için $R^2 = 0,35$ ve 50-100 cm için $R^2 = 0,50$) düşük olarak belirlemişlerdir. Bu düşük ilişkinin nedeni olarak kışın soğuklarının TDR ölçümleri üzerine olan kuvvetli etkisiyle ve de bitkilerin gövdelerine su alım ve boşaltım oranlarını aynı oranda iken toprağın ıslanma oranınının kış yağışları nedeniyle kuruma oranına oranla yüksek olması ile açıklamışlardır. Araştırmacılar buldukları bu düşük korelasyon katsayılı ilişkiyi daha sonra vejetasyon periyodunda yürüttükleri 3 yıllık bir çalışmayla incelemişler ve bu çalışma neticesinde gövde su içeriği ile toprak nem değişimi arasında (0-50 cm toprak profil derinliğinde $R^2 = 0,84$, 50-100 cm profil derinliğinde $R^2 = 0,92$) yüksek korelasyon kat sayısı elde etmişlerdir. Dahası, araştırmacılar 200 cm ve 250 cm toprak profil derinliğinde az sayıda veri almalarına rağmen toprak su içeriği ve gövde su içeriği arasında güçlü bir ilişki ($R^2 = 0,93$) tespit etmişlerdir. Araştırmacıların çalışmalarında daha derin toprak derinliğinde daha güçlü ilişki tespit etmeleri çalışmamızda açıkladığımız asmanın kuvvetli kök yapısı nedeniyle daha derin toprak derinliğinden su alabileceği öngörüsünü destekler niteliktedir.

Araştırmadan elde edilen TDR verilerinin, toprak nem azalmalarına ve sulamalardan sonra nem artışlarına paralellik göstermesi nedeniyle, TDR ölçümlerinin bağda, su stresini belirleme ve sulama zamanının planlanmasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Özellikle, gövde elektriksel iletkenliği ile toprak su içeriği arasındaki tatminkar korelasyon ($R^2 = 0,58$, $p < 0,01$), ağaç gövdesi elektriksel iletkenlik veya direnç ölçümleri ile sulama zamanının planlanabileceğini göstermiştir. Nadler (2004) gövde su içeriği ölçümü yerine daha ucuz ve kolay bir yöntem olan elektriksel iletkenlik metodunun kullanılıp kullanılmayacağını araştırmış ve gövde su içeriği ile elektriksel iletkenliği arasında iyi bir ilişki bulmuştur. Nadler ve Tyree (2008) bu araştırma sonuçlarını test etmek amacıyla Kanada'da çalı formundaki kesilmiş ağaç gövdeleri üzerinde birçok denemeden sonra gövde özsuyu elektriksel iletkenliğinin sulamada kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Nadler ve ark. (2008) ilk kez canlı meyve ağaçlarında (mango, zeytin, muz, hurma) su stresini belirlemede gövde su içeriği

ölçümü yerine elektriksel iletkenliğin kullanılabilme olanaklarını belirlemek amacıyla, 100 litrelik saksılarda perlit ortamında bir çalışma yürütmüşlerdir. EC değerlerinin su içeriğine göre daha hızlı tepki verdiği ve daha hassas olduğu sonucuna varmışlardır.

Araştırma sonucunda, su stresinin bir yansıması olarak, ağaç gövdesi elektriksel iletkenliğini/direncini ölçebilecek ve buna göre de sulama zamanını otomatik olarak planlayacak, daha ucuz ve karmaşık olmayan bir EC metre üretimine geçilmesi önerilmektedir.

6.KAYNAKLAR

- Anderson JL, Comas HL, Eissenstat MD (2003). Multiple Risk Factors in Root Survivorship: a 4- Year Study in Concord Grape. *New Phytologist*,158:489-501.
- Bahar E, Carbonneau A, Korkutal İ (2011). The Effect of Extreme Water Stress on Leaf Drying Limits and Possibilities of Recovering in Three Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) Cultivars. 2011. *Afr. J. Of Agric. Res.*, 6(5), 1151-1160.
- Baştuğ R, Uzun İ, Hakgören F (1998). Antalya Koşullarında Farklı Sulama Yöntemlerinin Aşmalarda Verim, Kalite Özellikleri ve Su Kullanımına Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 11: 81-90, Antalya.
- Blanco O, Facı J, Negueroles J (2010). Response of Table Grape Cultivar ‘Autumn Royal’ to Regulated Deficit Irrigation Applied in Post-Veraison Period. *Spanish Journal of Agriculturalresearch, Northamerica*.
- <http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/1350> (erişim tarihi:28.01.2013)
- Boz Y, Uysal T, Yaşasın AS, Avcı GG, Gündüz A, Sağlam M (2009). Türkiye Asma Genetik Kaynaklarının Belirlenmesi ve Muhafazası Üzerinde Araştırmalar. 7. Türkiye Bağcılık ve Teknolojileri Sempozyumu, 5-9 Ekim 2009. Manisa. (1):17
- Cabelguenne M, Puech J, Debaeche P, Bosc N, Hilaire A (1996). Tactical Irrigation Management Using Real Time Epic-Phase Model and Weather Forecast: Experiment on Maize. in *Irrigation Scheduling: From Theory To Practice, Proceedings Icid/Fao Workshop, Rome. Water Report No. 8, Fao, Rome*.
- Carpaena MR (2012). Field Devices for Monitoring Soil Water Content. <http://edis.fas.ufl.edu>. (erişim tarihi:28.01.2013)
- Cavazza L, Patruno A, Rossi P, De Seneen MO, Gammino M 1996. Evaluation of an Irrigation Scheduling Programme For Providing Advice To Farmers. In: *Irrigation Scheduling: From Theory To Practice, Proceedings Icid/Fao Workshop, Rome. Water Report No. 8, Fao, Rome*.
- Clark J, Gibbs RD (1957). Further Investigations of Seasonal Changes in Moisture Content of Certain Canadian Forest Trees. *Can. J. Bot.*, 35, 219–253.
- Cohen Y, Fuchs M, Green GC (1981). Improvement of Heat Pulse Method for Determining Saplow in Trees. *Plant Cell Environ.*, 4, 391-397.
- Constantz J, Murphy F (1990). Monitoring Storage Moisture in Trees Using Time Domainreflectometry. *J. Hydrol.* 119, 31–42.
- Çelik S (1998). Bağcılık (Ampeloloji). Cilt 1. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ.

- Çelik H, Yıldırım O, Söylemezoğlu G, Çetiner H, Öztürk A, Kunter B, Ağaoğlu S, Anlı E, Yaşa Z, Keskin N (2005). Damla Yöntemiyle Sulanan Kalecik Karası Üzüm Çeşidinde (Klon-12) Uygun Sulama Programının Belirlenmesi, 6. Bağcılık Sempozyumu, S:148-159, Tekirdağ.
- Çevik B, Tangolar S, Gürsöz S (1997). Sulamanın Gap Alanında Yüksek Verimli Sofralık Şaraplık Üzüm Çeşitlerinin Verim ve Kaliteleri Üzerine Etkisi (II. Araştırma Dilimi) Ç.Ü. Zir.Fak. Gyn:199, Gap Yayın No:114. Adana.
- Çolak Y (2010). Akdeniz Bölgesinde Flame Seedless ve Italia Sofralık Üzüm Çeşitlerinde Yaprak Su Potansiyeline Göre Sulama Programlarının Oluşturulması, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst., Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 165s., Adana.
- Da Silva BB, Slack, DC, Kılby MW, Hla AK (2000). Measurements of Water Requirements of Table Grapes in Arizona(Usa).
<http://mdl.csa.com/partners/viewrecords.php?requester=gs&collection=env&recid=5...>(erişim tarihi:06.06.2012)
- Deumier JM, Leroy P, Peyremorte P (1996). Tools for Improving Management of Irrigated Gricultural Crop Systems. in: Irrigation Scheduling: From Theory To Practice, Proceedings Icid/Fao Workshop, Rome. Water Report No. 8, Fao, Rome.
- During H (1979). Effects of Air and Soil Humidity on Vegetative Growth and Water Relationships of Grapevines (En Alemán). *Vitis* 18:211-220.
- Dsi (2013). <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> (erişim tarihi:28.01.2013)
- Ecevit, M.F. Ve İlter, E.,1976. Bağların Sulanması, Bağcılık Araştırma İst. Md. Yay. No: 9, Bağcılık Semineri: Cilt:1, Manisa.
- Fandiño M, Martínez ME, Rey JB, Cancela JB (2011). Plant Water Status in Vineyards Combining Sensors in Soil and Plant.
http://cigr.ageng2012.org/images/fotosg/tabla_137_c0373.pdf
(erişim tarihi:29.01.2013).
- Fanizza G, Ricciardi L (1990). Influence of Drought Stress on Shoot, Leaf Growth, Leaf Water Potential, Stomatal Resistance in Wine Grape Genotypes, *Vitis Vinifera L.* (in: Proceedings of The 5th International Symposium On Grape Breeding, 12-16 September 1989, St. Martin/Pfalz, Fr Of Germany).
- Fao (2010). http://www.faostat.com/2010_statistics (erişim tarihi:29.01.2013).
- Gardner BR, Nielsen DC, Shock CC (1992). Infrared Thermometer and The Crop Water Stress Index. II. Sampling Procedures and Interpretation. *Journal Of Production Agric.*, 5(4), 466-475.
- Gardner CMK, Robinson D, Blyth K, Cooper JD (2001). Soil Water Content. in: Smith Ka,Mullins C, Eds. Soil and Environmental Anlysis: Physical Methods, New York, 1-64.

- Gençoğlan C, Yazar A (1999). ukurova Koşullarında Yetiştirilen I. Ürün Misir Bitkisinde Infraredtermometre Değerlerinden Yararlanılarak Bitki Su Stresi İndeksi (Cwsi) ve Sulama Zamanının Belirlenmesi. *Tr. J. Of Agriculture And Forestry*, Tübitak. 23, (87-95).
- Gündüz A (2007). Tekirdağ Koşullarında Sulamanın Razakı ve Semillon Üzüm Çeşitlerinde Verim ve Kalite Üzerine Etkisi. Doktora Tezi,S131, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Hamman AR, Damı EI (2000). Effects of Irrigation on Wine Grape Growth and Fruit Quality. *Horttechnology* January-March Vol.10 No1 162-168.
- Hill RW, Allen RG (1996). Simple Irrigation Calendars: A Foundation for Water Management. In: *Irrigation Scheduling: From Theory to Practice*, Proceedings Icid/Fao Workshop, Rome. Water Report No. 8, Fao, Rome.
- Hofacker W (1977). Investigations on The Substance Production of Vines Under The Influence of Chailging Soil Water Supply (En Alemán). *Vitis* 16:162-173.
- Huguet JG, Pelloux G, Lorendeau JY (1992). Pepista: Programmeur D'irrigation Par Lesmicrovariations De Diametre De La Plante. In: *Proceedings of The Workshop on Real Time Sensing and Control of Automated Irrigation Systems*. Icid, 16th European Regional Conference, Budapest-Hungary.
- Huygen J, Van Den Broek BJ, Kabat P (1996). Hydra Model Trigger, A Soil Water Balance Andcrop Growth Simulation System for Irrigation Water Management Purposes. Paper Submitted To Icid/Fao Workshop, Rome. *Irrigation Scheduling: From Theory to Practice*. Fao, Rome.
- Hsiao TC (1973). 73. Plant Responses to Water Deficit. *Ann. Rew. Plant Physiol.* 24, 519-570.
- Idso SB, Jackson RD, Pinter Jr PJ, Reginato RJ, Hatfield JL (1981). Normalizing the stress Degree Day Parameter for Environmental Variability. *Agric. Meteorology*, 24, 45 – 55.
- Irna IB (2012). Applicability and Limitions of Irrigation Scheduling Methods And Techniques. <http://www.fao.org/docrep/w4367e/w4367e04.htm> (erişim tarihi:04.06.2012).
- Irvine J, Grace J (1997). Non-Destructive Measurement of Stem Water Content By Time Domainreflectometry Using Short Probes. *J. Exp. Bot.*, 8, 813–818.
- Itier B, Maraux F, Ruelle P, Deumier JM (1996). Applicability and Limitations of Irrigation Scheduling Methods and Techniques. In: *Irrigation Scheduling. From Theory to Practice* Proceedings. Paper Submitted to Icid/Fao Workshop, Rome. *Irrigation Scheduling: From Theory To Practice*. Fao, Rome.
- Jackson RD, Idso SB, Reginato RJ, Pinter PJ (1981). Canopy Temperature as A Crop Water Stress Indicator. *Water Resources Res.* 17, 1133-1138.

- Jakson D, Schuster D (1981). The Production of Grapes and Wine in Cool Climates, Butterworths Horticultural Boks, 189.P.
- Jones HG (2007). Monitoring Plant and Soil Water Status: Established and Novel Methods revisited and Their Relevance to Studies of Drought Tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 58: 119-130.
- Jones HG, Flowers TJ, Jones MB (1989). *Plants Under Stress*. Cambridge: Cambridgeuniversity Press.
- Kirkham MB (2004). *Principles of Soil and Water Relations*. Burlington, Ma. Elsevier Academic Press.
- Kliewer W, Freeman B, Hossom C (1983). Effect of Irrigation, Crop Level and Potassium Fertilization on Carignane Vines. 1, Degree Of Water Stress and Effect on Growth and Yield. *Am. J. Enol. Vitic.* 34(3): 186-196.
- Kocamaz E (1983). Bağların Sulanması. Bağcılıkla İlgili Müessesemiz Yayınları ve Seminer Notları, Cilt3, 69-78 Bağcılık Araştırma Enstitüsü Tekirdağ.
- Kocamaz E, Gökçay E, Özışık S, Çalışkan A (1983). Azotlu Gübrelerin Bağlara En Uygun Atım Zamanı ve Adedini Tesbit Denemesi, Bağcılık Araştırmaları Ülkesel Projesi Sonuç Raporları. Tarım Orman Ve Köyişleri Bakanlığı Ziraat İşleri Genel Müd. Cilt:2(2), 22 S.
- Kocsis L, Moher G, Henrick-Kling T, Harkness W (1997). Determination of The Stress in Vineyard, Mainly Forecast The Damage by Water Deficit. Proceeding of The Fourt International Symposium on Cool Climate Viticulture 8 Enology, Rochester, Newyork. July-1996-1997 Iı-91-Iı-93, 8 Ref.
- Konukcu F, İstanbulluoğlu A, Kocaman İ, Albut S, Gezer E (2007) “Küresel Su Krizi: Bugünü, Geleceği ve Önlenebilme İmkanları”, 22 Mart Dünya Su Günü Etkinlikleri, Küresel Su Krizinin Boyutları, Türkiye ve Trakya Perspektifi. SUSED Yayın No: 1, 24-49, Tekirdağ.
- Kramer PJ, Boyer JS (1995). *Water Relation of Plants and Soils*. London: Academic Press.
- List R J (1971). *Smitsonian Meteorological Tables, Revised Edition*. Smitsonian Msc. Collections, Vol: 114, Smitsonian Institute, Washington.
- Matthews MA, Anderson MM (1989). Reproductive Development İn Grape, *Vitis Vinifera L.* Responses To Seasonal Water Deficits *American Journal Of Enology And Viticulture* 40 52-60.
- Mccarthy MG (1993). Deficit Irrigation Experiment Bearing Results. *Aust. Grapegrower & Winemaker* 360:75-77.
- Nadler A (2004). Relations Between Soil And Tree Stem Water Content and Bulk Electrical Conductivity Under Salinizing Irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 68, 779–783.

- Nadler A, Raveh E, Yermiyahu U, Green SR (2006). Stress Induced Water Content Variations Inmango Stem by Time Domain Reflectometry. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70, 510–520.
- Nadler A, Tyree MT (2008). Substituting Stem's Water Content By Electrical Conductivity For Monitoring Water Status Changes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 72(4), 1006-1013.
- Nadler A, Raveh E, Uri Y, Lado M, Nasser A, Barak M, Green S (2008). Detecting Water Stress in Trees Using Stem Electrical Conductivity Measurements. *Soil Sci. Soc. Of Am. J.*, 72(4), 1014-1024.
- Ortega-Farias, OS, Acevedo C (2004). Irrigation Scheduling on Vineyards(VIIth.Region of Chile) by Using The Time Domain Reflectometry. http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=646_13 (erişim tarihi:11.06.2012).
- Peacock (1998). (Water Management for Grapevines). University of California Cooperative Extension, Tulare County.
- Poni S, Lakso AN, Turner JR, Melious RE (1993). The Effects of Pre- And Post-Veraison Water Stress on Growth and Physiology of Potted Pinot Noir Grapevines at Varying Crop Levels, *Vitis* 32 207-214.
- Poni S, Lakso AN, Turner J, Melious RE (1994). Interactions of Crop Level and Late Season Water Stress on Growth and Physiology of Field-Grown Concord Grapevines *American Journal of Enology and Viticulture* 45 252-258.
- Prinz D (2004).Water and Development-The Challenge Ahead, Ewra Symposium on Water Resources Managemnet: Risk and Challenges For The 21 Thcentury.2-4 September Izmir.
- Reginato RJ, Howe J (1985). Irrigation Scheduling Using Crop Indicators. *Journal of Drainage Engineering Asce*, 111, 125 – 133.
- Ruhl E, Alleweldt G (1984). Improwing Grape Quality by Irrigation. Univ. Hohesheim Stuttgart .Germany.
- Sağlam M, Işık H, Gündüz A, Uysal T, Orta AH, Erdem Y (2005). Tekirdağ Koşullarında Razakı ve Semillon Üzüm Çeşitlerinde Gençlik Dönemindeki Asmalarda Su Tüketiminin Belirlenmesi ve Sulamanın Vejetatif Gelişme Üzerine Etkileri.
- Santana V, Mart'Inez, J, Carlos Mm (2008). Estimation of Tree Water Stress From Stem and Soil Water Monitoring With Time-Domain Reflectometry in Two Small Forested Basins in Spain. *Hydrological Processes* 22, 2493–250. Published Online 25 September 2007 in Wiley Interscience.
- Sakuratani T (1981). A Heat Balance Method for Measuring Water Flow in The Stem of Intact Plant. *J.Agric. Meteorololy*, 37, 9-17.
- Scholander PF, Bradstreet ED, Hemmingsen EA, Hammel HT (1965). Sap Pressure in Vascular Plants. Negative Hydrostatic Pressure Can Be Measured in Plants. *Science* 148:339-346.

- Selle S G, Ferreira R, Mun˘Oz I, Silva, H (2004). Physiological indicators of Plant Water Status As Criteria for Irrigation Scheduling in Table Grapes Cv. Crimson Seedless, Irrigated Dry Drip. *Acta Horti* 664:599–605
- Shiklomanow IA (1990). Global Water Resources. *Nature And Resources*. No:26:3.
- Smithyman RP, Wample RL, Lang NS (2001). Water Deficit and Crop Level Influences on photosynthetic Strain and Blackleaf Symptom Development in Concord Grapevines. *Am. J. Of Enology and Viticulture*, 52(4), 364-375.
- Saayman D, Lambrechts JJN (1995). The Effect of Irrigation Systems and Crop Load On The Vigour of Barlinka Table Grapes on A Sandy Soil, Hex River Valley. *S. Afr.J. Eno. Vitic.*, Vol.16.No.2.
- Şener S, İlhan İ, Erdem A, Ertem A (1991). Yuvarlak Çekirdeksiz Bağlarda Kalite ve Kantite Yönünden En Uygun Sulama Zamanı ve Sulama Suyu Miktarının Saptanması. Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Yayın No:41, Manisa.
- Thayalakumaran T, Bethune MG, McMahon TA (2007). Achieving A Salt Balance: Should It Be A Management Objective *Agric. Water Manage.* 92, 1–12.
- Tuik (2010). Türkiye İstatistik Kurumu 2010 Yılı İstatistikleri.
www.tuik.gov.tr (erişim tarihi:15.11.2012)
- Tülücü K, Tekinel O (1981). Bağcılıkta Toprak Suyu, Üzüm, Nitelik ve Nicelik İlişkileri. Türkiye 1. Bağcılık Simpozyumu. Cilt 3, S:35-44, 15-19 Eylül, Tekirdağ.
- Unep (2008). United Nations Environment Programme 2008 Annual Report. http://www.unep.org/pdf/annualreport/2008/annualreport2008_en_web.pdf(erişim tarihi:31.01.2013)
- Un/Wwp (2003). World Water Development Report, Water for People, Water for Life. Unesco, Berghahn Book.
- Unwater (2008). United Nations Water. <http://www.unwater.org/> Documents.Html(erişim tarihi:28.01.2013).
- Un/Wwap (2009). Climate Change and Water. An Overview from The World Water Development Report 3: Water in A Chancing World. www.unesco.org/water/wwap(erişim tarihi:29.01.2013).
- Williams LE, Araujo JF (2002). Correlations Among Predawn Leaf, Midday Leaf and Midday Stem Water Potential and Their Correlations With Other Measures of Soil and Plant Water Status in *Vitis Vinifera*. *J.Amerc.Soc.Hort.Sci.*127(3):448-454.
- Wullschleger SD, Hanson PJ, Todd DE (1996). Measuring Stem Water Content in Four Deciduous Hardwood With A Time Domain Reflectometry, *Tree Physiol.* 16, 809-815.

- Valancogne C, Nasr Z (1989). Measuring Sap Flow in The Stem of Small Trees by A Heat Balance Method. *Hortsci.*, 24 (2), 383-385.
- Yazar A (1993). İnfrared Termometre İle Bitki Su Stresinin Ölçülmesi. S.Şener Edit. Sulama Teknolojisinde Yeni Gelişmeler. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Genel Müdürlüğü. Yayın No:76. Tarsus.
- Yazar A, Howell TA, Dusek DA, Copeland KS (1999). Evaluation of Crop Water Stress Indexfor Lepa Irigated Corn. *Irrigation Science* 18, 171-180.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Muğla ilinde doğdu, ilk ve orta öğretimimi bu ilde tamamladıktan sonra 1997 yılında Erzincan Laborant Meslek Lisesinden laborant olarak mezun oldu. 1998 yılında Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde laborant olarak göreve başladı.1998-1999 yılları arasında 8 ay sürre ile İzmir İl kontrol Laboratuar Müdürlüğünde laborant olarak görev yaptı. 2002 yılında Ege Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama bölümünden mezun oldu. 2004-2005 yılları arasında Diyarbakır Güneydoğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsünde ziraat mühendisi /araştırmacı olarak görev yaptı. 2006 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimimi tamamladı. 2008 yılında Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalında doktora eğitimime başladı. TÜBİTAK tarafından desteklenen ‘‘Meyve Ağaçlarında ve Asmada Gövde Su İçeriği ve Elektriksel İletkenlik Ölçümleriyle Su stresinin ve Sulama Zamanının Belirlenmesi’’ isimli proje de doktora bursiyeri olarak yer aldı. İngilizce yabancı dil bilgisine sahip. (KPDS: 81,25). Halen Tekirdağ Bağcılık Araştırma İstasyonu Müdürlüğünde ziraat yüksek mühendisi/araştırmacı olarak görev yapmakta olup evli ve 1 çocuk sahibi.