



Yaprak Basınç Sensörlerini Kullanarak Ceviz Fidanlarında Yaprak Su Durumunun Gerçek Zamanlı İzlenebilirliği

Mert KARAAĞAÇ¹

Gökhan ÇAMOĞLU^{1*}

¹ÇOMÜ, Ziraat Fakültesi, Bitki Stresi İzleme ve Termografi Laboratuvarı (BİSİTLAB), Çanakkale.

* Sorumlu yazar: camoglu@comu.edu.tr

Not: Bu çalışma, Mert KARAAĞAÇ'ın Yüksek Lisans tezinin bir bölümüdür.

Özet

Sulama, her tür bitkide en önemli tarımsal uygulamadır. Günümüzde bitkilerin suya karşı olan tepkilerini anlamak için yeni teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, ceviz fidanlarının erken döneminde oluşabilecek su stresine karşı değişen yaprak su durumunu, yaprak basınç sensörlerini kullanarak belirleme potansiyeli araştırılmıştır. Bu amaçla; 2020 yılında, saksı ortamında yetiştirilen 1 yaşlı Pikan cevizi fidanlarında, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi'nde kontrollü koşullarda üç farklı sulama aralığından (7, 17 ve 21 gün) oluşan deneme yürütülmüştür. Sulama konularına başlamadan önce her saksıdaki fidanın birer yaprağına yaprak basınç sensörleri yerleştirilmiştir. Yapraklara yerleştirilen bu sensörler ile bitkilerin su durumu web tabanlı sistem üzerinden anlık olarak kaydedilmiştir. Çalışma sonucunda, ceviz fidanlarında erken dönemdeki su stresinden kaynaklanan yaprak turgor durumundaki değişikliklerin yaprak basınç sensörleri yardımıyla belirlenebileceği ve böylelikle sulama zamanının belirlenmesindeki kullanım potansiyeli olduğu söylenebilir. Ancak, bunun daha iyi anlaşılabilmesi için uzun dönemli ve farklı ceviz çeşitlerinde de denenmesi önerilebilir.

Anahtar kelimeler: Pikan, sulama, yaprak basıncı, turgor basıncı

Real Time Monitoring of Leaf Water Status in Walnut Seedlings Using Leaf Pressure Sensors

Abstract

Irrigation is the most important agricultural practice in all types of plants. Today, new technologies are being used to understand responses of the plants to water. In this study, the potential of determining the leaf water status of the walnut seedlings against the water stress that may occur in the early period was determined by using the leaf pressure sensors. For this purpose, an experiment consisting of three different irrigation intervals (7, 17 and 21 days) was carried out in pot under controlled conditions in 1-year old Pican walnut seedlings in Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture in 2020. Leaf pressure sensors were placed on one leaf of each seedling in each pot before starting irrigation treatments. As a result of the study, it can be said that changes in leaf turgor status caused by early water stress in walnut seedlings can be determined with the help of leaf pressure sensors, thereby using potential for determining irrigation time. However, it should be tried in long-term and different walnut varieties to understand better.

Keywords: Pikan, irrigation, leaf pressure, turgor pressure

Giriş

Günümüzde tüm sektörlerde olduğu gibi tarımda da modernleşme sürecinde teknolojinin kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Bunlar içerisinde uzaktan algılama ve sensör teknolojilerinin tarım alanlarında kullanımı önemli hale gelmiştir. Söz konusu teknik ve teknolojileri kullanarak bitkinin fizyolojik durumunu anlamak artık daha da kolaylaşmıştır. Çevresel streslerin bitkilerdeki olası etkilerini azaltmaya yönelik çalışmalara ağırlık verilmiştir. Buna bağlı olarak özellikle su/kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki olası etkilerinin önüne geçebilmek için yeni teknolojilerin kullanımı çalışmalara konu olmuştur.

Bitkilerin verim ve kalite kaybı yaşamaması için su stresine girmemeleri oldukça önemlidir. Bunun için de topraktaki nemin optimum düzeyde sürekli bulunması gerekmektedir. Yaz aylarında ve özellikle havanın çok sıcak olduğu günlerde bitkilerde su kaybı yaşanmakta ve buna bağlı olarak su stresi fark edilir duruma gelene kadar bitkilerde zarara yol açmaktadır. Gözle görülemeyen bu zararlar da verim ve kalite kayıplarına yol açabilmektedir.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı yaklaşık 30 yıldır Özel Ağaçlandırma çalışmaları yapmaktadır. Hazine ve bozuk orman alanları kiralanarak bu alanların ağaçlandırılması ve kırsal ekonominin canlandırması amaçlanmıştır (Erdoğan, 2016). Ülkemizde ceviz üretimi, büyük çoğunluğu tohumdan çıkmış, herbiri ayrı özellik taşıyan ve dere kenarlarında, bağ bahçe içlerinde dağınık halde yetiştirilen ceviz ağaçlarından sağlanmaktadır. Ancak son yıllarda ceviz yetiştiriciliğinde olumlu gelişmeler yaşanmıştır. Bu bağlamda aşılı fidanlarla tesis edilen kapama bahçe şeklindeki üretimin yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir (Çiftçi ve Gökçe, 2005). Türkiye’de ceviz, sert kabuklu meyveler içinde üretim miktarı bakımından fındıktan sonra ikinci sırayı almaktadır (TÜİK, 2017). Yapılan ağaçlandırma çalışmalarının ardından pek çok sıkıntının da beraberinde geldiği gerek çiftçiler gerekse uzmanlar tarafından belirtilmektedir. En önemli problemlerden birisi sulama uygulamaları olarak ön plana çıkmaktadır. Su kaynaklarının azlığı, suyun alana iletilmesinde kurulacak sistemin yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu suyun değerini daha da arttırmaktadır (Göçmen, 2017).

Cevizin sulaması üzerine (Brown ve ark., 1977; Greve ve ark., 1992; Şen, 2011; Akın ve Erdem, 2015; Göçmen ve ark., 2017; Liu ve ark., 2019) ve çeşitli bitkilerde yaprak basınç sensörlerinin kullanımı (Zimmermann ve ark., 2008; Rodriguez-Dominguez ve ark., 2012; Aissaoui ve ark., 2016; Li ve ark., 2018; Demirel ve ark., 2018; Çamoğlu ve ark., 2019 a ve b) hakkında ülkemizde ve dünyada geçmişten günümüze çok sayıda çalışmaya rastlanmaktadır.

Tüm bitkilerde olduğu gibi, cevizde bitkisinde de özellikle de fidanken kültürel işlemlerden sulama, bitki gelişimi açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, cevizde sulama zamanının doğru tespiti gereklidir. Sulama zamanına karar vermede yaygın olarak sadece tecrübeye dayalı bitki durumuna ilişkin gözlemlerden yararlanılmaktadır. Bu da bitkinin geçici stres yaşamasına ve verim kaybına sebep olabilmektedir. Bu nedenle, sulama zamanının belirlenmesinde bitkinin fizyolojik mekanizmasının takip edilmesi gerekmektedir. Bunun için de günümüzde bitkinin fizyolojik özelliklerinden turgor potansiyelinin takibine yönelik kullanılacak sensörler çalışmalara konu olmaktadır. Söz konusu sensörlerin kullanımı üzerine farklı bitkilerde yapılan çalışmalara rastlanırken, genç ceviz ağaçlarında böyle bir çalışmanın olmaması bu araştırmanın gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, genç ceviz ağaçlarında, erken dönemdeki su stresine bağlı olarak değişen yaprak su durumunun, turgor basıncına dayalı olarak ölçüm yapan yaprak basınç sensörlerini kullanarak gerçek zamanlı izleme potansiyelinin belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Alanı ve Deneme Deseni

Çalışma, 2020 yılında, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi’nde kontrollü koşullar altında, 1 yaşlı Pikan çeşidi ceviz fidanlarında, 3 farklı sulama konusu uygulanarak yaklaşık iki ay süre ile yürütülmüştür (Şekil 1).

Yaprak Basıncı Sensörlerini Kullanarak Ceviz Fidanlarında Yaprak Su Durumunun Gerçek Zamanlı İzlenebilirliği



Şekil 1. Denemeye ilişkin görüntü

Deneme, saksı ortamında yapılmış ve bunun için 15'er lt'lik (23.5 cm çapında, 33 cm derinliğinde) saksılar kullanılmış ve yetiştirme ortamı olarak da orta bünyeye sahip toprak kullanılmıştır.

Denemede ele alınan sulama konuları Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Denemede ele alınacak sulama konuları

Sulama Konusu	Açıklama
K1	7 günde bir eksilen nemin saksı kapasitesine tamamlanması (kontrol)
K2	14 günde bir eksilen nemin saksı kapasitesine tamamlanması
K3	21 günde bir eksilen nemin saksı kapasitesine tamamlanması

Fidanlar, 05.03.2020 tarihinde saksılara aktarıldıktan sonra saksı kapasiteleri belirlenmiş ve ilk sulamada tüm saksılar bu değere tamamlanmıştır. 13.04.2020 tarihinde sulama konuları uygulanmaya başlamıştır. Çalışmada bu dönem içerisinde topraktaki bitki besin elementleri yeterli olduğu için herhangi bir gübreleme yapılmamıştır.

Sulama Suyu Miktarının Belirlenmesi

Fidanlar saksılara yerleştirildikten sonra saksılar eşit ağırlığa getirilene kadar aynı neme sahip toprak doldurulmuştur. Bu işlemler tamamlandıktan sonra saksıların su tutma kapasitelerini belirlemek için önce saksılar bir kaba konarak üstten sulanmış ve sulama alttaki kap suyla doluncaya kadar devam ettirilmiştir. Saksılar bu şekilde 48 saat bekletilmiştir. Saksılar kabın içerisinden çıkarıldıktan sonra saksı üst yüzeyi buharlaşmayı önleyecek şekilde bir materyalle kapatılmış ve serbest drenaja bırakılarak saksıların alt tarafından su çıkışı duruncaya kadar bekletilmiştir. Saksılar bu halleriyle tek tek tartılmış ve elde edilen değerler saksı kapasitesi olarak belirlenmiştir (Çamoğlu, 2013).

Saksı kapasiteleri belirlendikten sonra sulama konularına bağlı olarak belirlenen sulama aralıklarına göre ilgili saksılarda eksilen nem tekrar saksı kapasitesine çıkarılmıştır. Sulamalar saksı altlarında drenaj olmayacak şekilde yavaş ve homojen yapılmıştır. Suyun saksı altlığında birikmesi durumunda biriken bu su tekrar saksıya verilmiştir. Eksilen su miktarının diğer bir ifadeyle saksılara uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesinde her sulama öncesi saksılar dijital terazi yardımıyla tartılmıştır. Eksilen su, bir mezür yardımıyla saksılara uygulanmıştır.

Turgor Basıncına Dayalı Yaprak Basıncının Ölçülmesi

Turgor basıncı, yaprak üzerine takılan yaprak basınç sensörleri (Yara ZIM probe) ile gerçek zamanlı olarak izlenmiştir (Şekil 2). Sensörlerin çapı 11 mm ve kapladığı alan 87 mm²'dir. Bu sistem, turgor basıncının bir göstergesi olan ve ters doğrusal bir ilişkiye sahip manyetik sensörler üzerinde bulunan elastik bir yüzey vasıtasıyla basıncın ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Mıknatısların yaprağa yaptığı basınç sabit değere ulaştıktan sonra sensörler tarafından okunan yaprak basıncı değerleri tamamen yaprak turgor basıncındaki değişimi göstermektedir. Diğer bir anlatımla, sensörler mıknatıs basıncı ve oransal turgor değerleri arasındaki farkı ölçmektedir. Sensörler tarafından ölçülen yaprak basıncı ile turgor basıncı arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir (Zimmermann ve ark., 2008).

Yaprak Basınç Sensörlerini Kullanarak Ceviz Fidanlarında Yaprak Su Durumunun Gerçek Zamanlı İzlenebilirliği

$$P_p = \left(\frac{b}{aP_c + b} \right)^{\frac{1}{a}} F_a P_{clamp}$$

Eşitlikte;

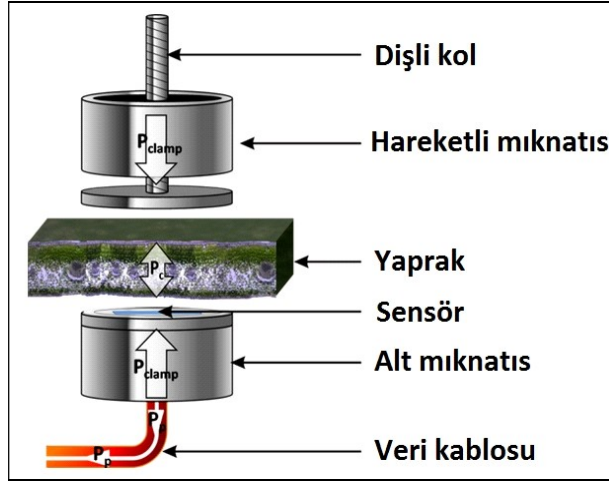
P_p = Yaprak basıncı

P_c = Turgor basıncı

P_{clamp} = Mıknatısların yaprak üzerine yaptıkları basınç. Yaprakların kalınlık ve sertliğine göre mıknatıslar arası mesafe ayarlanacak ve deneme süresinde sabit tutulacak.

F_a = Giriş basıncının mıknatıs basıncına oranı olup 0.2-0.4 arasında değişen boyutsuz bir parametredir.

a ve b = Sabit katsayılar



Şekil 2. Yaprak basınç sensörünün detaylı görünümü (Çamoğlu ve ark., 2019a)

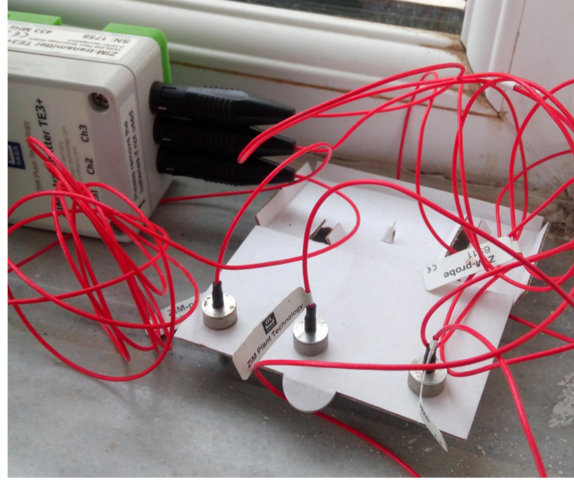
Çalışmada yaprak basınç sensörleri, her bir ceviz fidanının söz konusu dönemde olgunluğu tamamlamış birer yaprağına monte edilmiştir (Şekil 3). Sensörlerin yapraklara yerleştirilmesinde ZIM-clamping (montaj cihazı) kullanılmış ve basınç değeri 20-30 kPa arasına ayarlanmıştır (Şekil 3). Yapraklar üzerinde sensörlerin yerleştirileceği alanın damarlı, tozlu ve kuru olmamasına dikkat edilmiştir (Çamoğlu ve ark., 2019a).



Şekil 3. Yaprak basınç sensörlerinin montajı

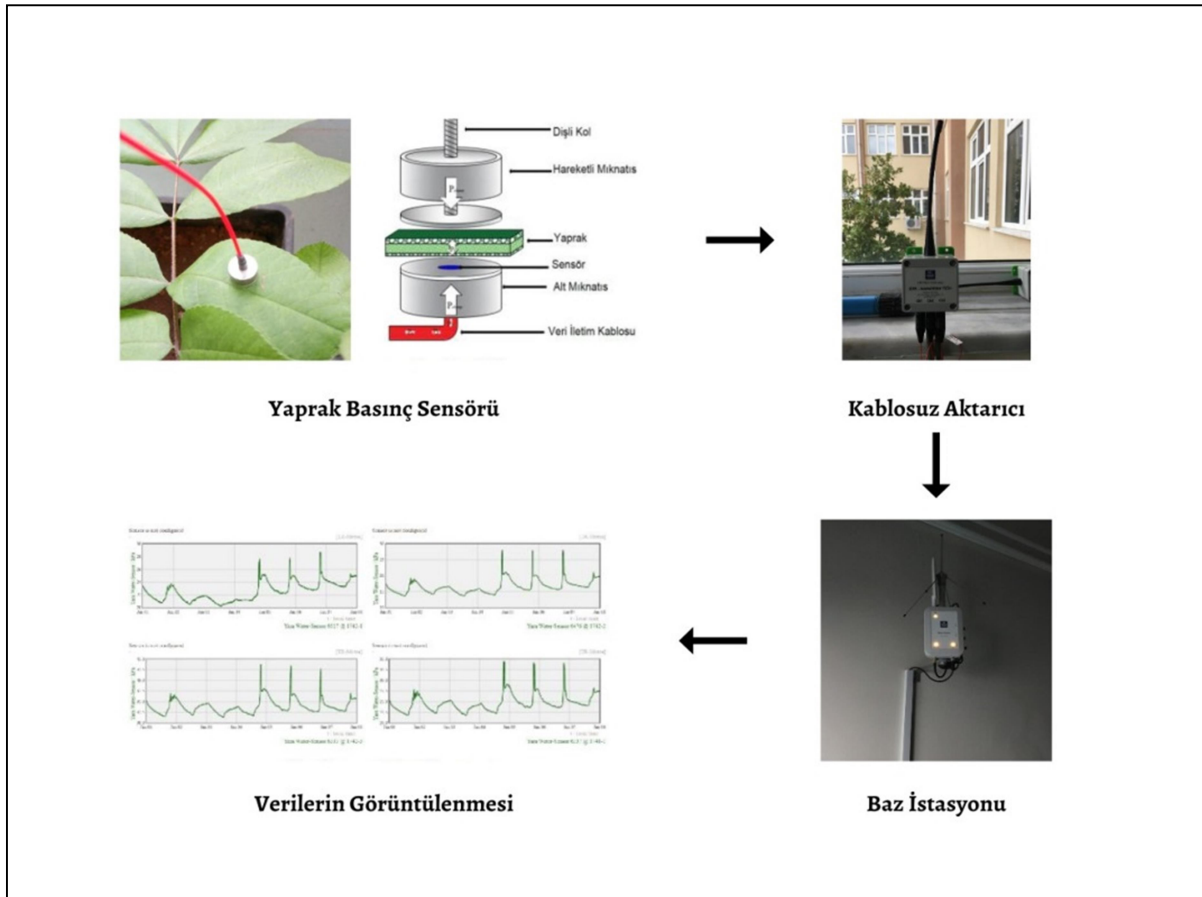
Turgor durumu dışında ortamın iklim özelliklerinden kaynaklanan değişimleri de görmek amacıyla, yapraklar dışında sensör okumasını sağlayacak yapay bir yüzeye (karton) de sensörler (referans) yerleştirilmiştir (Şekil 4). Burada da yine basınç değeri 20-30 kPa arasında tutulmuştur.

Yaprak Basınç Sensörlerini Kullanarak Ceviz Fidanlarında Yaprak Su Durumunun Gerçek Zamanlı İzlenebilirliği



Şekil 4. Referans sensörlerin yapay yüzeye yerleştirilmesi

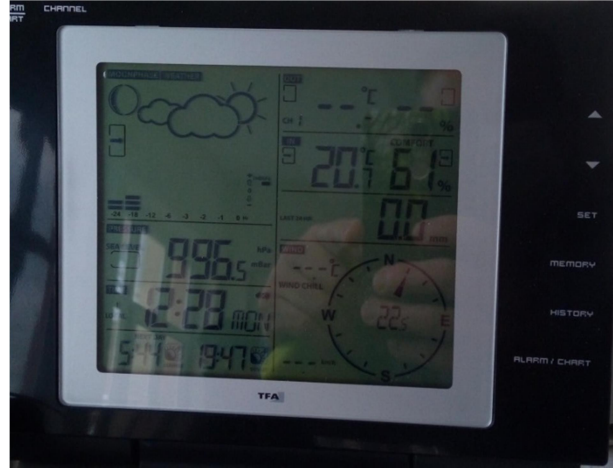
Sensörlerden elde edilen veriler, kablosuz bir verici (transmitter) ile telsiz denetleyicisine aktarılmakta ve buradan mobil şebeke üzerinden anlık olarak yaprak basınç değerlerine ulaşım sağlanmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Yaprak basıncını gerçek zamanlı izleme sistemi

Deneme süresince ortamın sıcaklık ve bağıl nem değerleri iklim istasyonunun iç ünitesi yardımıyla sürekli olarak kaydedilmiştir (Şekil 5).

Yaprak Basınç Sensörlerini Kullanarak Ceviz Fidanlarında Yaprak Su Durumunun Gerçek Zamanlı İzlenebilirliği



Şekil 6. Sıcaklık ve bağıl nem kaydedici

Bulgular ve Tartışma

Yaprak Basınç Sensörünün Yaprak Üzerindeki Zararı

Sensörlerden biri yaprağa yerleştirildiği günden 15 gün sonra yaprak basınç değerlerinde meydana gelen değişiklikler nedeniyle yerinden çıkarılmış ve benzer koşuldaki başka bir yaprağa tekrar monte edilmiştir. Bu sensörün çıkarıldıktan sonra yaprakta meydana getirdiği zararlanma Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde kısa bir zaman diliminde hafif bir zararlanma meydana geldiği görülmüştür. Ancak sensör değerlerindeki değişikliğin buna bağlı olmadığı düşünülmektedir. Çünkü, diğer sensörler deneme süresince aynı yaprak üzerinde kalmış ve veri almaya devam etmiştir. Daha önce çeşitli bitkiler üzerinde 60 günlük yapılmış olan çalışmalar sonucunda yaprak turgor basıncını etkilemeyecek seviyede etkisi az olan bir hasarlanmanın görüldüğü belirtilmiştir (Zimmermann ve ark., 2010; Çamoğlu ve ark., 2019a).



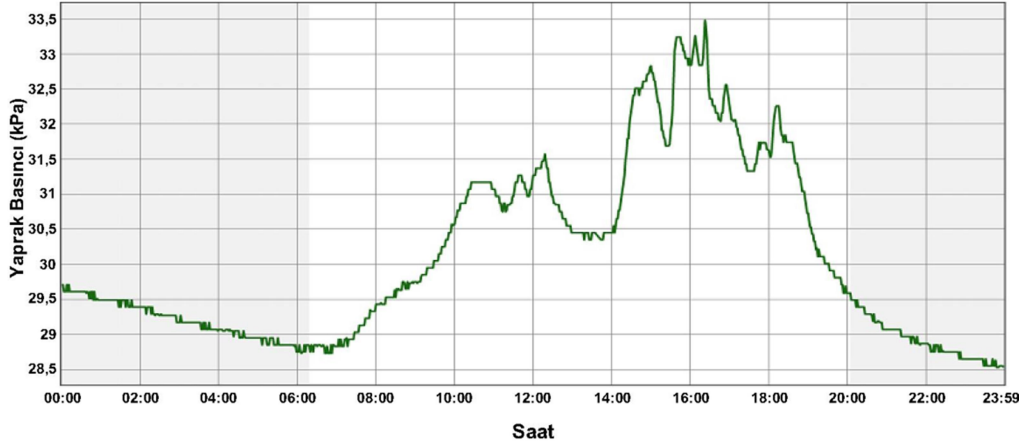
Şekil 7. Yaprak üzerinde sensörün meydana getirdiği zarar

Yaprak Basınçlarının Değişimi

Yapraktaki hücrelerde suyun çepere yaptığı basınca turgor basıncı denilmektedir ve su stresinin önemli bir göstergesi olduğu bilinmektedir (Kaçar ve ark. 2009). Turgor durumuna bağlı olarak ters orantılı şekilde değişen sensörler tarafından okunan yaprak basınç değerleri de yapraktaki su durumunu belirleyebilmektedir (Zimmermann ve ark., 2008). Grafiklerde, sulamalara göre bitkilerdeki turgor durumundaki değişimlerin yaprak basınçlarına etkisi değerlendirilmiştir. Yaprak basınçlarının öncelikle günlük değişimi görmek amacıyla K1 konusuna ilişkin bir sensörün sulamadan önceki değişimi incelenmiştir (Şekil 8). Burada; açık renkler gündüz saatlerini, koyu renkler ise gece saatlerini göstermektedir. Şekilden de görülmektedir ki yaprak basınçları akşam saatlerinden itibaren sabaha kadar düşmüş, öğle saatlerinde ise pik seviyeye çıkmıştır. Bir başka ifadeyle, günün aydınlanması ve havanın ısınmasına bağlı olarak öğle saatlerinde küçük dalgalanmalar olmasına rağmen genel anlamda turgor basınçlarının düşmeye başladığı görülmüştür. Söz konusu bulgular başka

Yaprak Basınç Sensörlerini Kullanarak Ceviz Fidanlarında Yaprak Su Durumunun Gerçek Zamanlı İzlenebilirliği

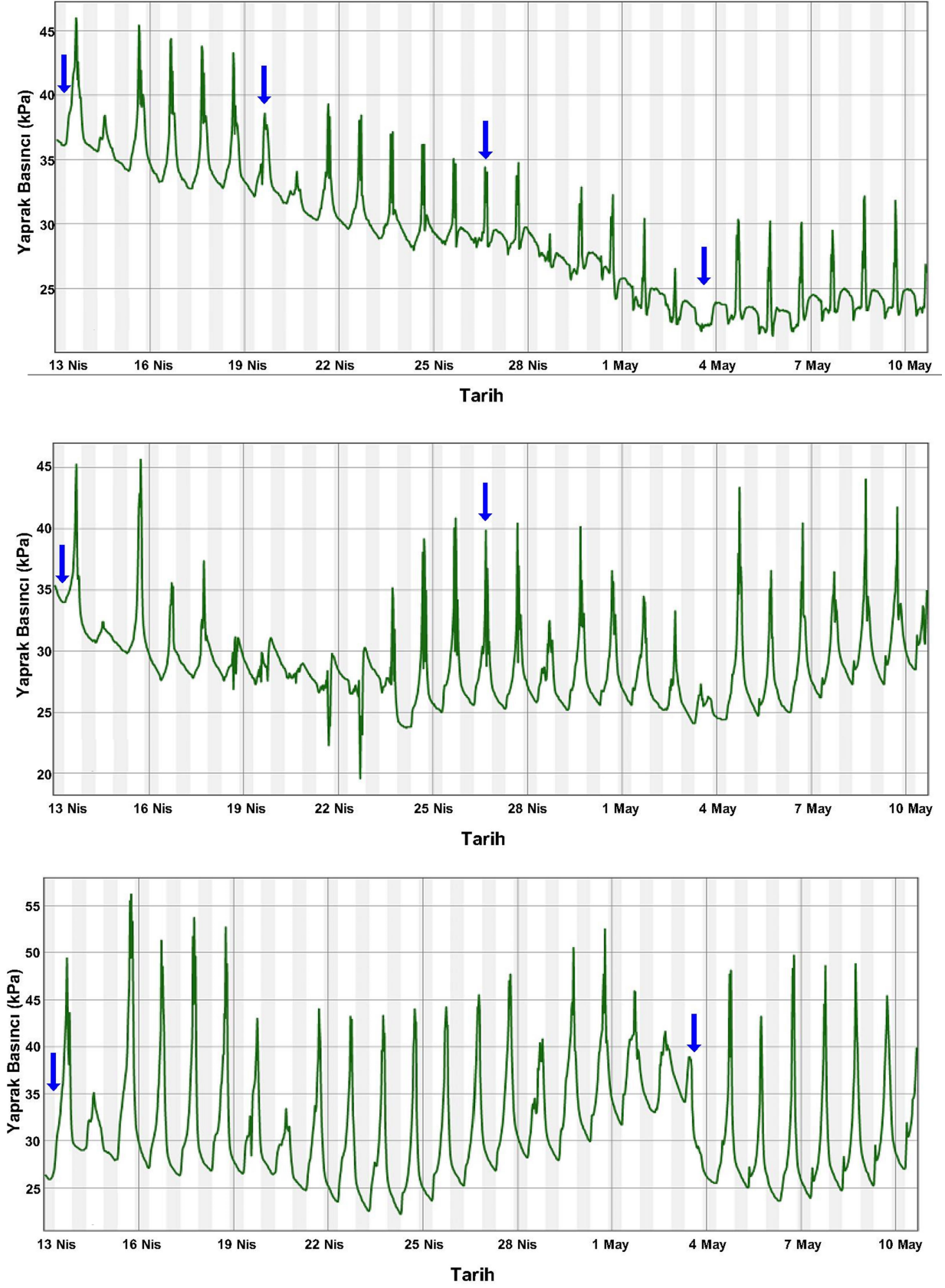
çalışmalarda da bildirilmiştir (Zimmermann ve ark., 2010; Rodriguez-Dominguez ve ark., 2012; Çamoğlu ve ark., 2019a)



Şekil 8. Yaprak basıncının günlük değişimi (K1 konusu)

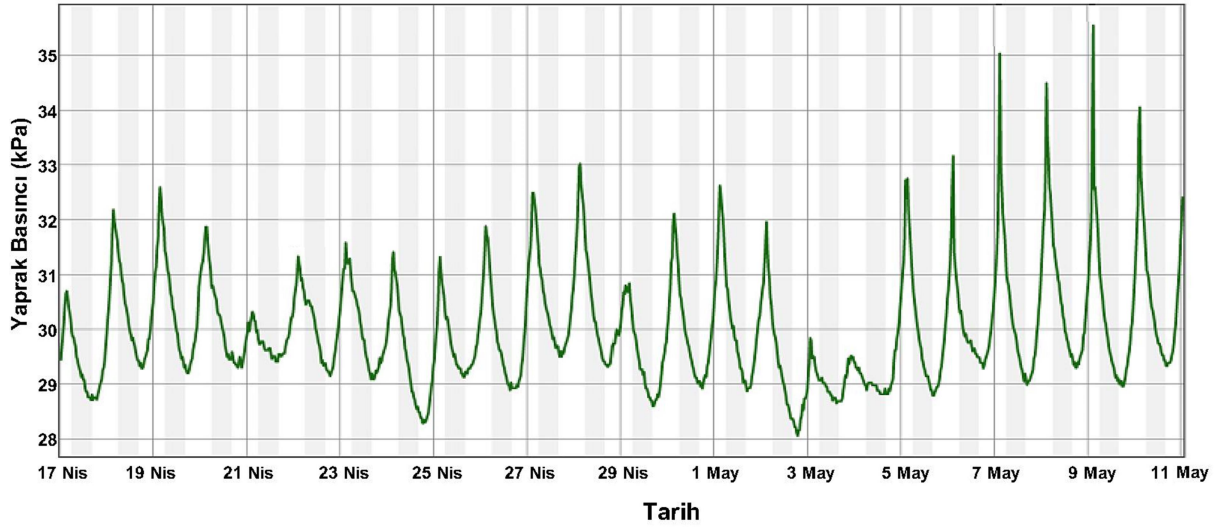
Deneme süresince konulara ilişkin yaprak basınçlarının değişimleri Şekil 9’da verilmiştir. İlk sulama, tüm saksılara eşit olacak şekilde 13 Nisan tarihinde uygulanmıştır. Konulara göre uygulamalara bu tarihten sonra başlanmıştır. Bu süre zarfında, ilk sulama dışında K1 konusu 3 (20-27 Nisan ve 4 Mayıs), K2 konusu 1 (27 Nisan) ve K3 konusu da 1 kez (4 Mayıs) sulanmıştır. Söz konusu sulamalar, şekil üzerinde oklar ile gösterilmiştir. Denemede, yaprak basınçlarının genel olarak sulamalardan sonra gündüz veya gece günün herhangi bir saatinde azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. İlk sulamada (13 Mayıs) tüm konular sulandığı için yaprak basınçlarının hepsi düşme eğilimine girmiştir. K1 konusunda 20 Nisan’daki sulamadan hemen sonra, 27 Nisan’daki sulamadan da yaklaşık bir gün sonra yaprak basınç değerleri düşmüştür. Diğer bir ifadeyle, yaprak turgor durumlarında iyileşme görülmüştür. Son sulamada (4 Mayıs) ise grafikten böyle bir yorum yapılamamıştır. K2 konusuna uygulanan 27 Nisan’daki sulamadan sonra da yaprak basınçlarının yine düşme eğilimine girdiği görülmektedir. Su stresinin en fazla uygulandığı K3 konusunun yaprak basınçlarında 3 hafta boyunca belirgin bir artış gözlenmediği görülmektedir. Yapılan sulama sonrasında da gündüz saatlerindense gece saatlerinde bir düşüş olduğu gözlenmiştir. Tüm konularda, özellikle mayıs ayı başındaki düşüşlerde havanın kapalı ve yağışlı olması etkili olmuştur. Nitekim bu durum referans sensör okumalarından da görülmektedir (Şekil 10). Sulama yapılmayan günlerde meydana gelen yaprak basınçlarındaki azalmaların tamamen mevcut hava koşullarından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle sulama zamanına karar vermede mutlaka mevcut iklim koşulları da yorumlanmalıdır. Çamoğlu ve ark. (2019) da biberde arazi koşullarında yaptıkları çalışmada benzer bir durumu ifade etmişlerdir. Bunun aksine Padilla-Diaz ve ark. (2018), zeytinde yaptığı çalışmada, sadece grafikler üzerinden sulamaya karar verilebileceğini bildirmişlerdir.

Yaprak Basıncı Sensörlerini Kullanarak Ceviz Fidanlarında Yaprak Su Durumunun Gerçek Zamanlı İzlenebilirliği



Şekil 9. Sulama konularına göre yaprak basınçlarının değişimleri

Yaprak Basıncı Sensörlerini Kullanarak Ceviz Fidanlarında Yaprak Su Durumunun Gerçek Zamanlı İzlenebilirliği

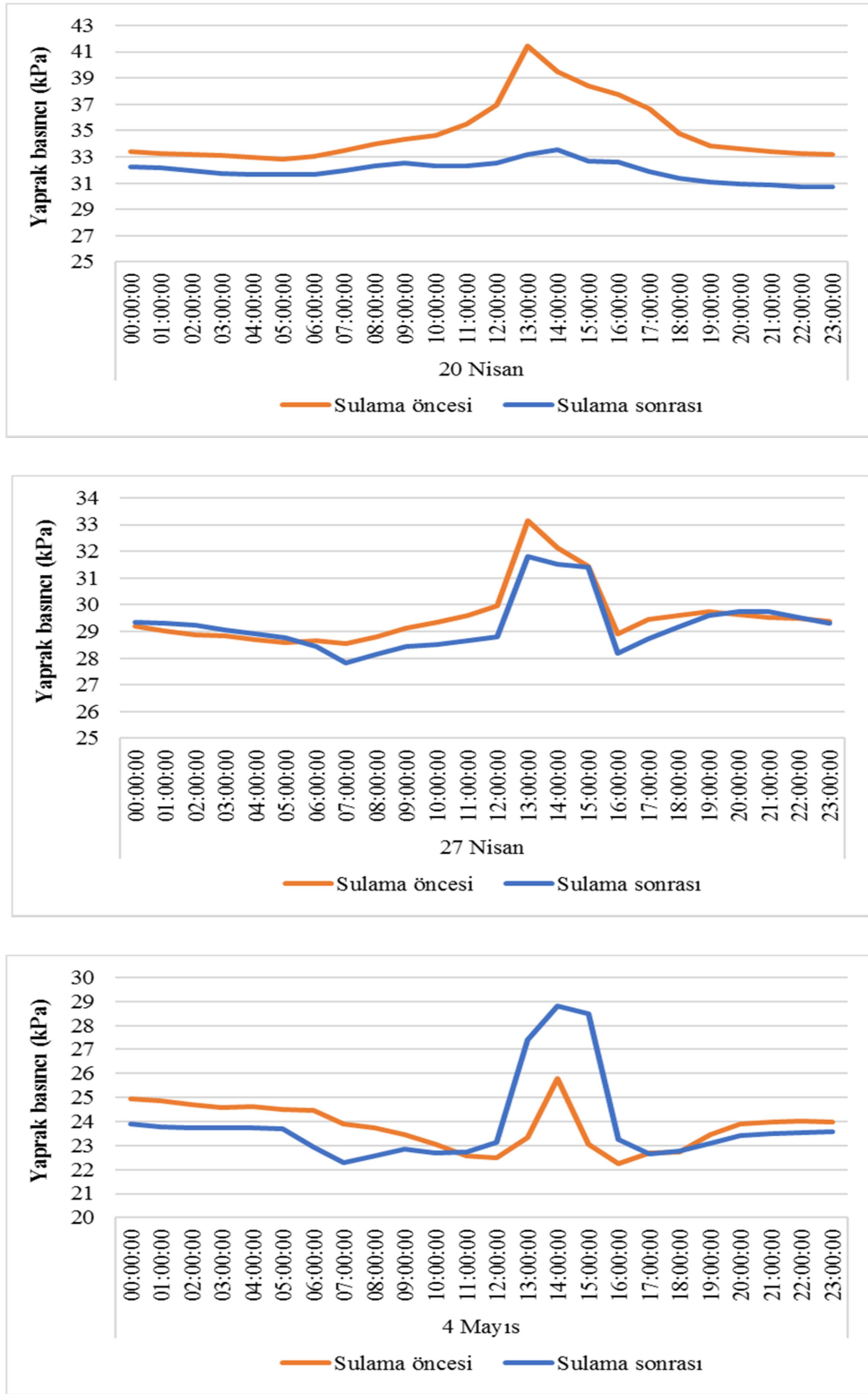


Şekil 10. Yapay yüzeye bağlı referans sensörlerin değişimi

Yaprak Basıncılarının Sulama Sonrasındaki Değişimleri

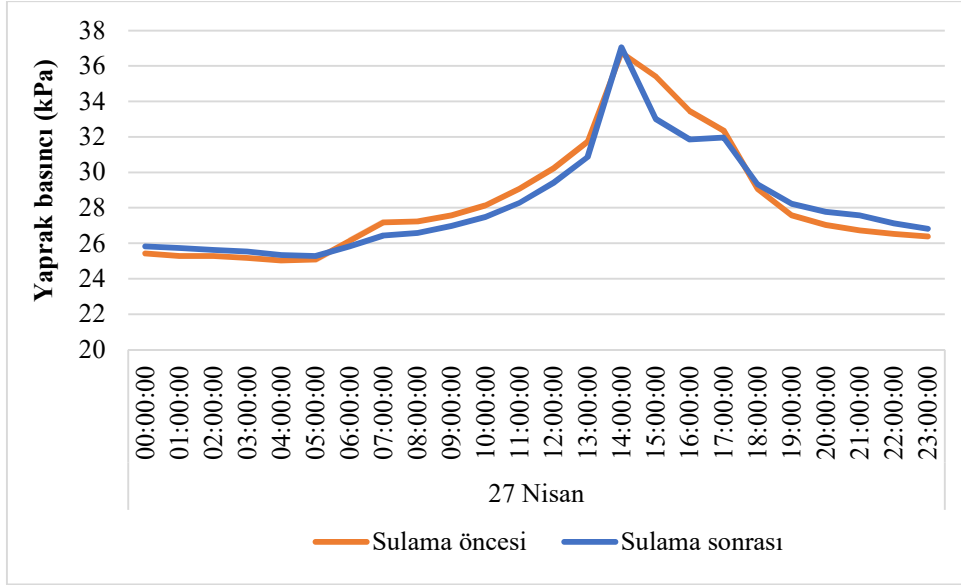
Yaprak basınçlarının konulara göre sulama sonrasındaki değişimlerini detaylı görmek amacıyla sulamadan bir gün önceki ve bir gün sonraki yaprak basıncına ilişkin grafikler Şekil 11, 12 ve 13'te verilmiştir. K1 konusuna ilişkin konular uygulanmaya başlandıktan sonra 3 sulama yapılmıştır. Bunlardan 20 Nisan tarihinde yapılan sulamadan sonra günün her saatinde yaprak basınçlarının düştüğü, bir başka ifadeyle turgor basıncının yükseldiği görülmektedir (Şekil 11). 27 Nisan'da yapılan sulamadan sonra ise özellikle gündüz saatlerinde bu farkın oluştuğu anlaşılmaktadır. 4 Mayıs'ta yapılan sulamada ise özellikle öğlen saatleri dışında turgor durumunda bir iyileşme olduğu dikkati çekmektedir. K2 konusuna 2 hafta sulama suyu uygulanmış ve yaprak basıncı sulamadan sonra günün büyük bir çoğunluğunda az da olsa düşmüştür (Şekil 12). K3 konusuna ilk sulamadan 3 hafta sonra su verildiği için yaprak basıncındaki değişim diğer konulara göre daha belirgin olmuştur (Şekil 13). Sadece 14:30 ile 17:00 arasında bu durumun tersi bir durum meydana geldiği görülmektedir. Biber ve sardunya bitkisinde yapılan çalışmalarda da sulama sonrasında düşüşlerin meydana geldiğini ancak günün farklı saatlerinde bunun gerçekleşmediği belirtilmiştir (Çamoğlu ve ark., 2019a; Çamoğlu ve ark., 2019b).

Yaprak Basıncı Sensörlerini Kullanarak Ceviz Fidanlarında Yaprak Su Durumunun Gerçek Zamanlı İzlenebilirliği

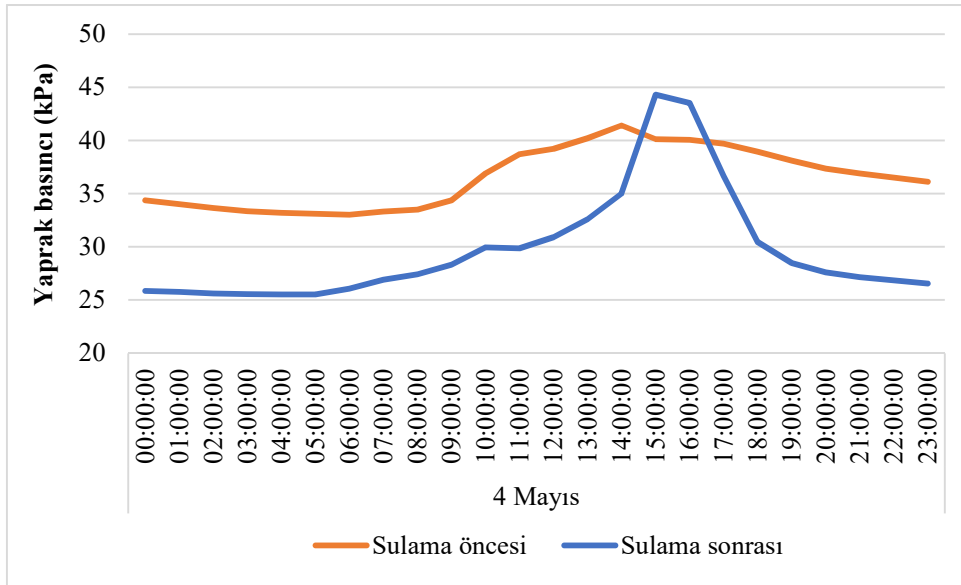


Şekil 11. K1 konusunun sulama öncesi ve sonrası yaprak basıncındaki değişimleri

Yaprak Basınç Sensörlerini Kullanarak Ceviz Fidanlarında Yaprak Su Durumunun Gerçek Zamanlı İzlenebilirliği



Şekil 12. K2 konusunun sulama öncesi ve sonrası yaprak basıncındaki değişimleri



Şekil 13. K3 konusunun sulama öncesi ve sonrası yaprak basıncındaki değişimleri

Sonuç ve Öneriler

Ceviz fidanlarının erken döneminde maruz kalacağı su stresine karşı tepkilerini yaprak basınç sensörleri ile belirlemek amacıyla yapılan bu çalışma sonucunda, ceviz fidanlarında su stresine bağlı olarak değişen turgor durumu yaprak basınç sensörleri ile gerçek zamanlı olarak izlenebilmiştir. Yaprak turgor durumunun sulama dışında, özellikle hava koşullarından da oldukça etkilendiği yaprak basınç sensörleri tarafından da algılanmıştır. Bu nedenle, sensör verileri değerlendirilirken mutlaka ortamın iklim durumu da göz önüne alınmalıdır. Kısa süreli su stresinin turgor durumunu çok fazla etkilemediği yaprak basıncı sensörlerinden de anlaşılmıştır.

Çalışmanın sonucu olarak anlık izlemeye olanak sağlayan bu sensörlerin ceviz fidanlarındaki su durumuna bağlı değişiklikleri izlemeye önemli kullanım potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Ancak, daha belirgin sonuçlara ulaşabilmek için farklı fizyolojik ölçümleri de içine alan iklim özellikleriyle birlikte modellerin oluşturulabileceği daha uzun vadeli çalışmaların yapılması önerilebilir.

Kaynaklar

- Aissaoui, F., Chehab, H., Bader, B., Salem, A. B., M'barki, N., Laamari, S., Chihaoui, B., Mahjoub, Z., Boujnah, D. 2016. Early Water Stress Detection on Olive Trees (*Olea europaea* L. cvs 'chemlali' and 'Chetoui') Using The Leaf Patch Clamp Pressure Probe. *Computers and Electronics in Agriculture*, 131, 20–28.
- Akın, S., Erdem T., 2018. Water Use of Walnut Trees under Different Irrigation Regimes. *Journal of Applied Horticulture*, 20(1): 60-63.
- Brown, L., Ramos, D., Uriu, K., Marangoni, B., 1977. Walnut Moisture Stress Studies. Report to the California Walnut Board. 8 pp
- Çamoğlu, G., 2013. The Effects of Water Stress on Evapotranspiration and Leaf Temperatures of Two Olive (*Olea europaea* L.) Cultivars. *Zemdirbyste=Agriculture*, 100(1), 91-98.
- Çamoğlu, G., Demirel, K., Genç, L., Kahrıman, F., Akçal, A., Eroğlu, İ., Boran, A., Nar, N. 2019 (a). Turgor Basıncı ve Termografi Tekniklerini Kullanarak Biberde Su Stresinin Belirlenmesi. TÜBİTAK Proje No: 116O264, Çanakkale, Türkiye.
- Çamoğlu, G., Nar, H., Demirel, K., 2019 (b). Yaprak Basınç Sensörleri Kullanılarak Sardunya Bitkisinin Su Stresinin Tespit Edilmesi. I. Uluslararası Süs Bitkileri Kongresi, 911-918, 9-11 Ekim, Bursa.
- Çiftçi, K. ve Gökçe, O., 2005. İzmir ve Manisa İllerinde Ceviz Yetiştiriciliğinin Sosyo-Ekonomik Yönü ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(1), 7-17
- Demirel K., Çamoğlu G., Genç L., Nar H., 2018. The Use of Leaf Pressure Sensors to Determine Water Stress in Different Ornamental Plants. *Türkiye 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi*, 1. 692-692. 26-28 Eylül, Antalya.
- Erdoğan, V., 2016. Hazine ve Bozuk Orman Arazilerinde Badem ve Ceviz Bahçesi Tesisleri. *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 45(Özel Sayı): 242
- Greve, L.C., McGranahan, G., Hasey, J., Snyder, R., Kelly, K., Goldhamer, D., Labavitch, J.M., 1992. Variation in Polyunsaturated Fatty Acids Composition of Persian Walnut. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(3), 518-522.
- Göçmen, E., 2017. Tekirdağ koşullarında Farklı Sulama Uygulamalarının Ceviz Ağaçlarının Su Kullanımı ve Vejetatif Gelişme Unsurlarına Etkisinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Biyosistem Müh. A.B.D, Namık Kemal Üniversitesi.
- Kaçar, B., Katkat, A.V, Öztürk, Ş. 2009. "Bitki Fizyolojisi", Nobel Yayınları, 489, Ankara.
- Li, D., Xi, B., Wang, F., Jia, S., Zhao, H., He, Y., Liu Y., Jia, L. 2018. Patterns of Variations in Leaf Turgor Pressure and Responses to Environmental Factors in *Populus tomentosa*. *Chinese Journal of Plant Ecolog*, 42, 741-751.
- Liu, Y., Zhang X., Zhao, S., Ma, H., Qi, G., Guo, S., 2019. The Depth of Water Taken up by Walnut Trees during Different Phenological Stages in an Irrigated Arid Hilly Area in the Taihang Mountains, *Forests*, 10, 121
- Padilla-Diaz, C. M., Rodriguez-Dominguez, C. M., Perez-Martin, A., Montero, A., Garcia, J. M., Fernandez, J. E. 2018. Scheduling a Deficit Irrigation Strategy from Leaf Turgor Measurements: Impact on Water Status, Gas Exchange and Oil Yield. *Acta Horticulturae*, 1199, 267-272.
- Rodriguez-Dominguez, C.M., Ehrenberger, W., Sann, C., Rüeger, S., Sukhorukov, V., Martin-Palomo, M.J., Diaz-Espejo, A., Cuevas, M.V., Torres-Ruiz, J. M., Perez-Martin, A., Zimmermann, U., ve Fernandez, J.E., 2012. "Concomitant Measurements of Stem Sap Flow and Leaf Turgor Pressure in Olive Trees using the Leaf Patch Clamp Pressure Probe", *Agric, Water Manag*, 58, 50-58.
- Şen, S.M., 2011. Ceviz. ÜÇM Yayıncılık, 220 s, Ankara.
- TÜİK, 2017. Bitkisel Üretim İstatistikleri Veritabanı. Türkiye İstatistik Kurumu, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=104&locale=tr>
- Zimmermann, D., Reuss, R., Westhoff, M., Geßner, P., Bauer, W., Bamberg, E., Bentrup, F-W., Zimmermann, U. 2008. A Novel, Non-invasive, Online Monitoring, Versatile and Easy Plant-based Probe for Measuring Leaf Water Status, *Journal of Experimental Botany*, 59, 3157-3167.

Zimmermann, U., Rüger, S., Shapira, O., Westhoff, M., Wegner, L.H., Reuss, R., Geßner, P., Zimmermann, G., Israeli, Y., Zhou, A., Schwartz, A., Bamberg, E., Zimmermann, D. 2010. Effects of Environmental Parameters and Irrigation on the Turgor Pressure of Banana Plants Measured Using the Non-invasive, Online Monitoring Leaf Patch Clamp Pressure Probe. *Plant Biology*, 12, 424-436.