

Bölüm 14

YARI KURAK İKLİM KOŞULLARINDA NOHUT BİTKİSİNİN (*CICER ARIETINUM* L) BİTKİ SU STRESİ İNDEKSİ DEĞERLERİNDEN FAYDALANARAK SULAMA ZAMANININ PLANLANMASI

Ali Beyhan UÇAK¹

GİRİŞ

Nohut (*Cicer arietinum* L.), asırlardan beri dünyanın her tarafında yetiştiriciliği yapılan nadide yemeklik tane baklagil bitkilerinden bir tanesidir. Nohut'un anavatanı olarak kaynaklarda Ülkemizin Güneydoğu Anadolu bölgesi olduğu bildirilmektedir. Literatürde, Güneydoğu Anadolu bölgesinde yaklaşık 7000-7500 yıl önce nohut yetiştirildiği yapıldığı belirtilmektedir. Günümüzde Türkiye de dahil olmak üzere dünyanın pek çok ülkesinde nohut tarımı yapılmaktadır. (1) Bugün dünya nohut üretimi, Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) tarımsal istatistiki verilerine göre 2019 yılında dünyada 13.72 milyon ha alanda 14.25 milyon ton nohut üretilmekte ve elde edilen ortalama verim olarak 104 kgda⁻¹ civarındadır. (2), Türkiye'de 511 bin ha alanda 630 bin ton nohut üretimi gerçekleşmiştir. (3) Ülkemiz 2019 yılı FAO verilerine göre, dünya sıralamasında ekiliş alanı olarak 4'üncü, üretimde Hindistan'dan sonra 2'nci, verimde ise 21'inci sırada yer almaktadır (2). Son yıllar da düzensiz yağışlar ve su kaynaklarındaki azalmalardan kaynaklanan kuraklığın, tarımsal üretim üzerine önemli oranda olumsuz etkilerinin olacağı ifade edilmektedir (4). Nohut her ne kadar kuraklığa dayanıklı bir bitki olarak bilinse de gerçekte diğer tüm bitkilerde olduğu gibi kuraklıktan olumsuz yönde etkilenebilmekte ve kurak koşullarda çiçek ve kapsüllerini dökmektedir. Mevcut su kaynakları yönüyle dünya ve Türkiye'nin ciddi bir su sıkıntısı içerisinde olduğu, gelecekte aynı durumun devam edeceği, dünyada ki su kaynaklarının 2030 yılında kritik düzeye düşeceği, dolayısıyla gelecekte, su eksikliği yaşanacağı tahmin edilmektedir (5) Su kaynaklarının etkin ve tasarruflu kullanımı için karık ve tava üsülü gibi aşırı su kullanımı gerektiren geleneksel sulama yöntemleri yerine, damla ve yağmurlama gibi basınçlı (modern

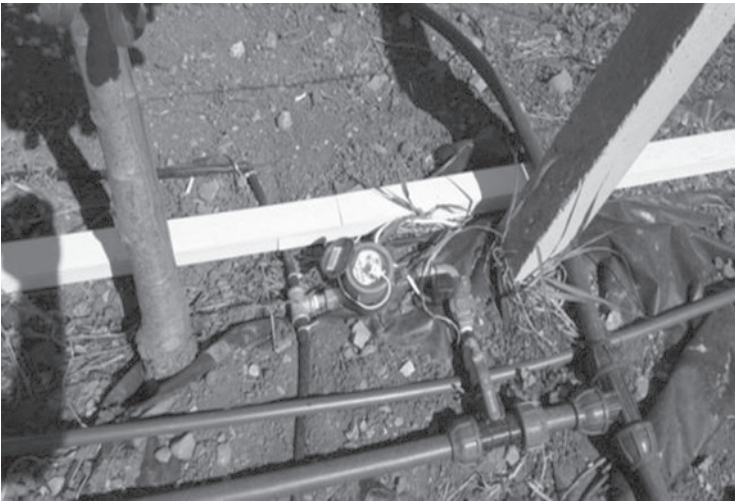
¹ Doç. Dr., Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, abucak@siirt.edu.tr

ve tasaruflu) sulama yöntemlerinin yaygınlaştırılması gerektiği bildirilmektedir. (6) Bir çok bitkinin suya ihtiyaç duyduğu doğru zamanın belirlenmesinde bitki su stress indeksi (CWSI) değerlerinden faydalanılmıştır (7) Bitkilerin içsel su durumunu; ne toprak su içeriğinin ne de atmosferik istemin, bitki su stres indeksi kadar doğru olarak belirleyemeyeceği rapor edilmiştir. (7) Dolayısıyla, bitkilerin içsel su durumunu belirlemeyi amaçlayan metotlar sulama planlamalarının yapılmasında birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. (7)(8) Yapılan bir çalışmada su stresinin olmadığı alt sınır eşiğinin eğim ve ara kesitinin, bitki örtüsünün % 70 düzeyine ulaşınca kadar arttığı belirlenmiştir. Taç sıcaklığının 27.4°C'den daha büyük olduğu koşullardaki ölçümlerden elde edilen, su stresinin olmadığı alt sınır çizgisinin eğimi ve korelasyon katsayısının günlük ölçümlerden elde edilenden daha büyük olduğu bulunmuştur. (9) Bitkinin yaprak taç sıcaklığı değerinin, bulunulan ortamdaki hava sıcaklığı ile arasındaki farkı belirleyen önemli bir parametre olduğunu ve yaprak taç sıcaklığının hava sıcaklığından daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. (10, 11) Taç sıcaklığı ile hava sıcaklığı farkına karşı havanın buhar basıncı açığı arasındaki ilişkiden yola çıkarak bitki su stressi indeksi değeri geliştirilmiştir. (6) Su stresini ölçmede en hızlı ve doğruya en yakın yöntemin yaprak-taç sıcaklığı olduğunu bildirmişlerdir. (12) Teorik ve deneysel olarak elde edilen alt (LL) ve üst sınır (UL) çizgilerinden faydalanarak belirlenen CWSI değerinin 0 ile 1 aralığında değiştiği bildirilmiştir. (13) (6) Yürütülen bir araştırmada, bitki su stresinin (CWSI) anlık olarak belirlenmesinde, yaprak su içeriği değerlerinin kullanılabilceği ifade edilmiştir. (14) Kimi araştırmacılar, infrared termometre (IRT) ölçümleri sonucu elde edilen yaprak-taç sıcaklığı değerlerinden faydalanarak hesaplanan CWSI'nin, sulama zamanının belirlenmesinde kullanılabilceğini rapor etmişlerdir. (15)(16) Öte yandan (11) tarafından yürütülmüş bir çalışmada, CWSI'nin değerlerinden faydalanarak sulama zamanının tespit edilebileceğini, ancak bu metot ile uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenemeyeceğini ifade etmişlerdir. Su kaynaklarından en etkin şekilde yararlanmanın temel koşulu, toprak, iklim ve bitki etmenlerine bağlı olan sulama zamanı ve miktarı arasındaki ilişkinin bilinmesidir. (17) (18) Su stresinin bir çok bitkinin yaprak alan indeksi ve klorofil içeriğini azalttığı bunun bir sonucu olarak tane verimlerinin düştüğü belirtilmiştir (19) Bu çalışmada, 2015 yılında yarı kurak iklim koşullarında yetiştirilen İnci nohut çeşidinin ölçülen yaprak taç sıcaklığı (kanopi sıcaklığı) değerlerinden faydalanarak bitki su stres indeksinin tespit edilmesi ve belirlenen bu indeks değerlerinden yararlanarak sulama zamanının saptanması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırmada bitki materyali olarak inci nohut (*Cicer arietinum*L) çeşidi kullanılmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü yıl (2015) nohut'un yetiştirme dönemi olan Aralık-Haziran arasında 328.9 mm, uzun yıllar ortalamasında ise 344.9 mm yağış kaydedilmiştir. Buna karşın sıcaklık ve nispi nem değerlerinde bir artış göze çarpmaktadır. Özellikle denemenin yürütüldüğü 2015 yılı içerisinde Haziran ayındaki kaydedilen maksimum sıcaklık değerleri 34.6-39.6 °C arasında ölçülmüştür. Bu sıcaklık değerleri nohut'un gelişmesini olumsuz yönde etkilemiştir.

Sulama uygulamaları damla sulama yöntemiyle yapılmıştır (Şekil 1). İki farklı sulama programı oluşturulmuş; birincisi tam sulama (I_{100}) sulama suyu ihtiyacının tam karşılandığı I_{100} sulama konusu ve ikincisi sulama suyu uygulanmayan I_0 sulama konusudur. Toprakların tarla kapasitesindeki (33 kPa) ve solma noktasındaki (1500 kPa) su tutma kapasiteleri, hacim ağırlığı (20)'e göre (bozulmamış toprak örneklerinde) belirlenmiştir. Sulama suyunun analizinde elektriksel iletkenlik ve pH değerleri ile anyon ve katyonların belirlenmesinde (21) tarafından belirtilen yöntem kullanılmıştır. Çalışma alanında kullanılan sulama suyu kalite sınıfı, alınan örnekler sonucunda C2S1 olarak tespit edilmiştir. Sulama suyunun elektriksel iletkenliği 0.34 dS/m ve pH 7.20 olarak tespit edilmiştir. Deneme de kullanılan sulama suyu kalitesi nohut bitkisinin sulanması açısından bir sorun oluşturmamaktadır.



Şekil 1. Sulama uygulamaları damla sulama yöntemiyle sayaçlardan geçirilerek yapılmıştır

Metot

Bitki su stresi indeksi (CWSI)

Bitki Su Stresi İndeksi (CWSN) ölçümlerine, bitkilerin toprak yüzeyini yaklaşık olarak % 80 oranında kapattıkları tarihten itibaren sulama öncesi ve sonrası olmak kaydıyla infrared termometre ile bitki tacı sıcaklıkları, hava sıcaklıkları ve havanın buhar basıncı açığını belirlemek üzere, psikrometre termometre ile ıslak ve kuru termometre ölçümlerine başlanmış ve ölçümler fizyolojik olgunluğun gerçekleştiği tarihe kadar devam etmiştir. Taç sıcaklığı (Tc) ölçümleri, havanın tamamen açık olduğu veya bulutların güneşi engellemediği koşullarda saat 12:00-14:00 saatleri arasında ve su stresinin günlük değişimini belirlemek için de sabah saat 08:00'den akşam saat 17:00'a kadar (2'şer saat aralıklarla) yapılmıştır. Parsellerin köşegenleri doğrultusunda (4 köşeden) ve her birinden 3 yinelemeli olmak üzere toplam 12 ölçümün ortalaması alınarak o parselin ortalama taç sıcaklığı bulunmuştur. Bitki taç sıcaklığı ölçümlerinin başında ve sonunda dijital psikrometresi ile ıslak ve kuru termometre değerleri okunmuştur.

Bitki Su Stresi İndeksinin (CWSI) Hesaplanması;

Bitki su stresi indeksinin (CWSTD) belirlenmesinde (22) 'nin önerdiği ampirik yöntemden faydalanılmıştır. Anılan yöntemle göre CWSI şu eşitlikle tanımlanmıştır. (23)

$$CWSE = \frac{(Tc-Ta)-LL}{UL-LL} \quad (1)$$

Eşitlikte; CWSI bitki su stresi indeksi, Tc taç sıcaklığı (°C), Ta hava sıcaklığı (°C), LL bitkide su stresinin olmadığı alt sınır (bitkilerin potansiyel hızda transpirasyon yaptığı sınır değeri), UL bitkilerin tamamen stres altında olduğu üst sınırı (bitkinin transpirasyon yapmadığı varsayılan sınır değeri) göstermektedir.

Toprakta nem takibi ise gravimetrik metot ile yapılmış ve bu amaçla toprağın yaş ve kuru nem içeriklerinden yararlanarak ve aşağıdaki eşitliği kullanarak ağırlık cinsinden yüzde nem içerikleri belirlenmiştir.

$$Pw = \frac{(YA-KA)}{KA} * 100 \quad (2)$$

Eşitlikte; Pw toprak neminin ağırlık cinsinden su içeriği (%), YA toprak örneğinin yaş ağırlığı (g) ve KA toprak örneğinin kuru ağırlığı (g)'dir.

Her bir katmanın ağırlık cinsinden yüzde nem içeriği, aşağıdaki eşitlik kullanılarak derinlik cinsinde nem içeriğine dönüştürülmüştür.

$$d = \frac{Pw*As*D}{10} \quad (3)$$

Eşitlikte; d toprak neminin derinlik cinsinden su içeriği (mm), As toprağın hacim ağırlığı (g/cm^3) ve D katman derinliği (cm)'dir.

Her bir katman için hesaplanan su derinliği toplanarak 90 cm'lik toprak profili için toplam su (d_T) miktarı bulunmuştur.

$$dT = d_{(0-30)} + d_{(30-60)} + d_{(60-90)} \quad (4)$$

Toplam su miktarı parsel alanları ile çarpılarak her bir parsel verilecek su hacmi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$V = d_T * A \quad (5)$$

Eşitlikte; V parsellere verilecek su hacmi (L) ve A parsel alanı (m^2)'dir. Hesaplanan su miktarı damlatıcı debisi-zaman ilişkisinden yararlanarak parsellere uygulanmıştır.

Araştırmada bitki su tüketiminin hesaplanmasında, aşağıdaki su dengesi eşitliği kullanılmıştır. (24)

$$ET = P + I - R_f - D_p \pm \Delta S \quad (6)$$

Eşitlikte; ET evapotranspirasyon (mm); P yağış (mm), I sulama suyu (mm), R_f yüzey akış (mm), D_p derine sızma (mm) ve ΔS kök bölgesinde toprak nem değişimi veya dönem başı ile dönem sonu arasındaki depolama farkı (mm)'dir. Çalışmanın yürütüldüğü dönemde yağış, yüzey akış ve derine sızma gerçekleşmediğinden anılan değerler sıfır kabul edilmiştir. Ekimden hemen sonra tüm konular tarla kapasitesine getirilmiştir. Bitkiler 6-8 yapraklı olduğu dönemde, topraktaki faydalı nemin % 50'si tüketildiğinde sulama uygulamalarına başlanmıştır. (25) (26) (27) (28) Bitkiyle ilgili ölçümlerin hesaplanmasında (29) 'den yararlanılmıştır.

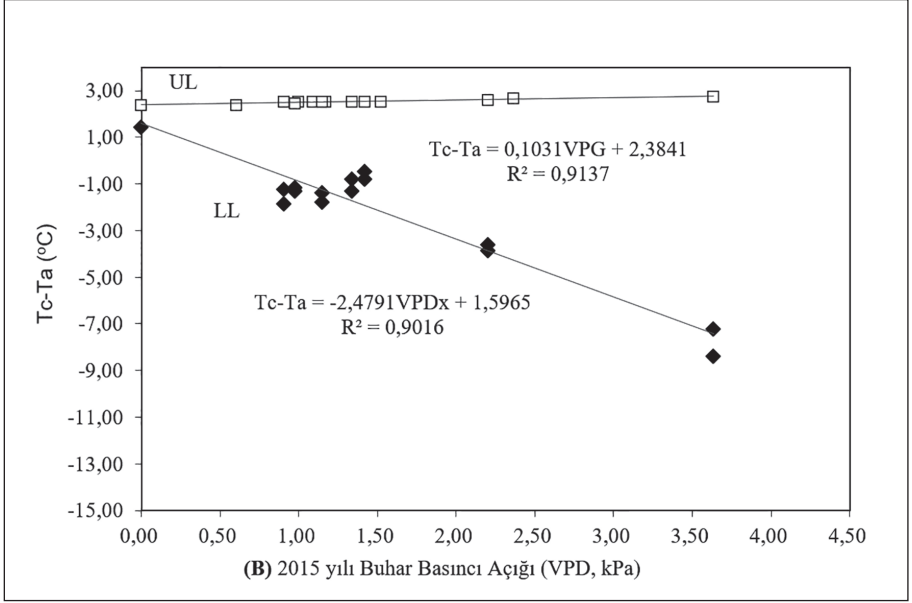
ELDE EDİLEN VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur, elde edilen veriler tesadüf blokları deneme desenine göre Jump istatistik paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli çıkan uygulamalar LSD testi ile karşılaştırılmıştır. Tüm bu testler Jump 5.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. ⁽³⁰⁾

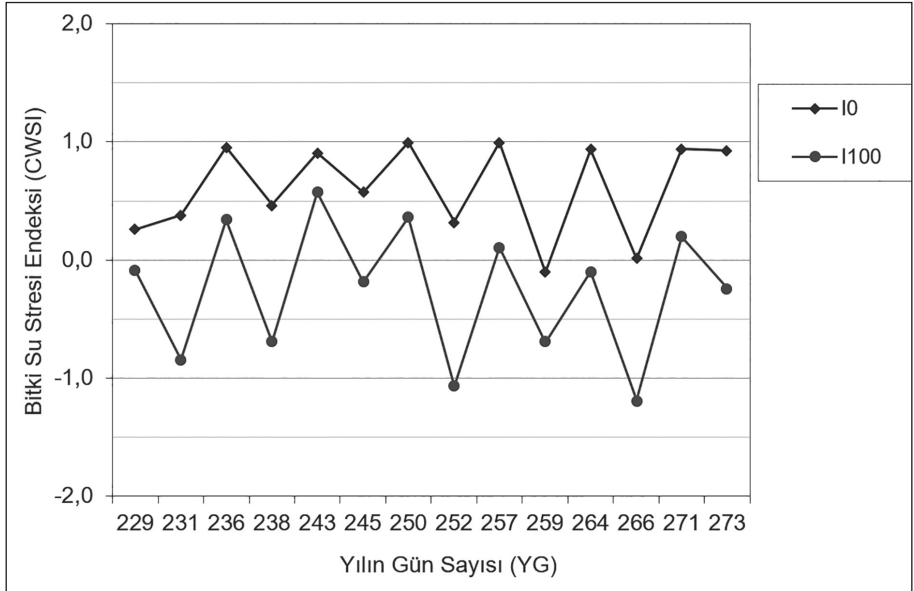
ARAŞTIRMA BULGULARI VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada uygulanan sulama suyu miktarı yetiştirme sezonu boyunca 111 mm ve mevsimlik bitki su tüketimi 439 mm olarak tespit edilmiştir. Bitki Su Stres indeks okumalarının ilki deneme alanının % 80'i bitki örtüsü ile kaplı olduğu dönemde, ekimden sonra 219.gün (DOY 219) ve sonuncusu ise ekimden sonra (DOY 258) tarihinde yapılmıştır. Diğer okumalar Şekil 3'de görülebileceği gibi, bu iki tarih arasında olmak kaydıyla toplam yedi farklı zamanda yapılmıştır. Okumalar sonucunda şekil 3'den görüleceği üzere sulama konularının tüm vejetasyon süresi boyunca, ortalama CWSI değerleri birbirinden farklı olmuştur.

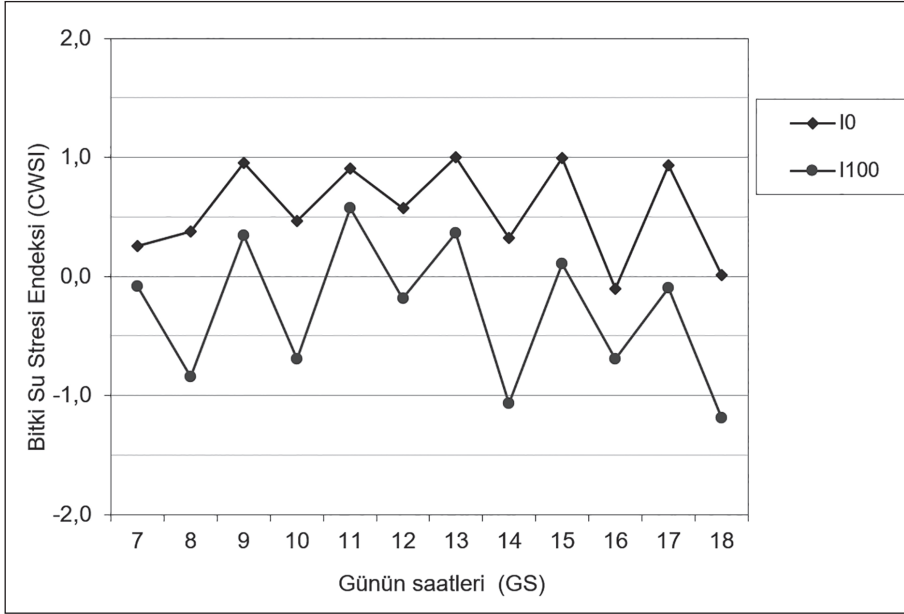
Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, bitki su stres indeksi değerleri istatistiksel olarak % 1 ($p \leq$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Araştırmanın yürütüldüğü yıl nohut bitkisinin alt (LL) ve üst sınır (UL) ilişkisi değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Sulama konularının bitki su stres indeksine (CWSI) ait değerler ise Şekil 3'de, bitki su stres indeksinin gün içerisinde saatlik değişimi ise Şekil 4'de verilmiştir. Ayrıca ekler Şekil 5 ve 6'da deneme alanından farklı fotoğraflar verilmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi en düşük CWSI değeri I_{100} sulama konusunda 0.20, en yüksek CWSI değeri ise I_0 sulama konusunda 0.50 olarak tespit edilmiştir. (31) ve (32) bitki su stres indeksi değerinin su kısıntısı uygulanan konularda daha yüksek çıktığını bildirmiştir. Ayrıca su stresi uygulanan konulardan elde edilecek veriminde düşeceği rapor edilmiştir. (33, 34, 35, 3, 37) Dolayısıyla elde edilen bulgular diğer araştırmacıların bulgularıyla örtüşmektedir. (38) 39) (40)



Şekil 2. Araştırmanın yapıldığı yıl nohut bitkisinin alt ve üst sınır ilişkisi değerleri



Şekil 3. Sulama konularının bitki su stres indeksi değerleri



Şekil 4. Sulama konularının bitki su stres indeksi değerlerinin günlük değişimi

SONUÇLAR

Uygulanan sulama suyu miktarı yetiştirme sezonu boyunca 111 mm ve mevsimlik bitki su tüketimi değeri ise 439 mm olarak tespit edilmiştir. Haziran ayında ölçülen yüksek sıcaklık değerleri (40°C'nin üzerinde) nohut bitkisinin gelişmesini olumsuz yönde etkilemiş ve verim performansını önemli ölçüde düşürmüştür. Öte yandan yüksek sıcaklık değerleri aşırı su kısıntısı uygulanan susuz sulama konusunda bitki su stres indeksi değerlerinin yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Ayrıca bitki su stres indeksi eşik değeri 0.36 değerinde iken sulama yapıldığında verimde istatistiksel olarak önemli oranda kaybın olmayacağı belirlenmiştir. Bir başka deyişle, çalışma sonucunda elde edilen bitki su stres indeksi eşik değerinin üzerine çıktığında tane veriminde önemli oranda azalma olabileceği tespit edilmiştir. Çalışmanın diğer bir önemli sonucu da, CWSI eşik değeri 0.36'in üzerine çıktığında, bitki su tüketimi, klorofil içeriği, su kullanım randımanı değerlerinde önemli oranda düşüşler olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak araştırmadan elde edilen veriler ışığında, yarı kurak iklim koşullarında yetiştirilen nohut bitkisinin, sulama yapılacağı bitki su stres indeksi eşik değeri 0.36 olarak tespit edilmiş ve bu eşik değerinin üzerine çıkmadan bitkinin sulanması gerektiği önerilmektedir.

EKLER

ARAŞTIRMADAN FOTOĞRAFLAR



Şekil 5. Ekim öncesi toprak hazırlığı ve parselasyon yapılması



Şekil 6. Ekilecek nohut genotipleri ve ekim yapılması

KAYNAKLAR

1. Anonim, 2022. Bitkisel Üretim İstatistikleri, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=61> (Erişim: 15.03.2022)
2. FAO, 2019, Dünya Gıda ve Tarım Örgütü İstatistik Yıllığı
3. TÜİK 2020, Türkiye Tarımsal İstatistik Kurumu
4. Chartzoulakis, K., Bertaki, M. 2015. Sustainable water management in agriculture under climate change. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4(4):88-98. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.011>

5. Kıymaz, S., Yazar, A., Hamdy, A., 2002. Sulama Yönetiminin Sulama Birliklerine Devrinden Sonra Aşağı Seyhan Sulaması Projesi Performansının Değerlendirilmesi. Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, 18-20 Eylül 2002, Antakya, Hatay, s. 38
6. Bian J, Zhang Z, Chen J, Chen H, Cui C, Li X, Chen S, Fu Q. 2019. Simplified evaluation of cotton water stress using high resolution unmanned aerial vehicle thermal imagery. *Remote Sensing*, **11**: 267-284. <http://10.3390/rs11030267>
7. Reginato, R.J., Howe, J., 1985. Irrigation scheduling Using Crop Indicators. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering Asce*. 111 (2):125-133.
8. Yazar. A. 1993. Infrared Termometre ile Bitki Su Stresinin Ölçülmesi. S. Şener Edit. Sulama Teknolojisinde Yeni Gelişmeler. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Genel Müdürlüğü. Yayın No: 76. Tarsus.
9. Wanjura, D.F., Hatfield, J.L., Upchurch, D.R., 1990. Crop water stress index relationships with crop productivity. *Irrigation Science* 11:93-99. <https://doi.org/10.1007/BF00188445>
10. Fischer, R.A. 2001. Selection traits for improving yield potential. *Application of Physiology in Wheat Breeding*, Eds.: Reynolds, Chapter-13, 148-159 p.
11. Nielsen, D.C., Gardner, B.R., 1987. Scheduling irrigations for corn with the crop water stress index (CWSI). *Applied Agricultural Research* 2 (5): 295-300.
12. Moroni, I.F., Frayse, M., Presotto, A., Cantamutto, M., 2012. Evaluation of Argentine wild sunflower biotypes for drought stress during reproductive stage. Proc. 18th International Sunflower Conference. Mar del Plata. Argentina. 420-425
13. Gencoğlan, C., Yazar, A., 1999. Çukurova koşullarında yetiştirilen ana ürün mısır bitkisinde infrared termometre değerlerinden yararlanılarak bitki su stresi indeksi (CWSI) ve sulama zamanının belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 23:87-95 (in Turkish).
14. Çamoglu, G., Genç, L., Asık, S., 2011. The Effects of water stress on physiological and morphological parameters of sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt.). Ege University Faculty of Agriculture Journal, 48 (2): 141-149 (in Turkish).
15. Gago J, Douthe C, Coopman R.E, Gallego P.P, Ribas-Carbo M, Flexas J, Escalona J, Medrano H. 2015. UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture. *Agricultural Water Management* 153: 9-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.01.020>
16. Clawson, K.L., Blad, B.L., 1982. Infrared Thermometry for Scheduling Irrigation of Corn. *Agron. J.* 74: 311-316
17. Anda A. 2009. Irrigation timing in maize by using the crop water stress index (CWSI). *Cereal Research Communications* 37(4): 613-620. <https://10.1556/CRC.37.2009.4.15>
18. Wichrowska, Dorota, Roman Rolbiecki, Stanisław Rolbiecki, Hicran A. Sadan, Anna Figas, Barbara Jagosz, Atilgan Atilgan, and Ferenc Pal-Fam. 2021. "Effect of Drip Fertigation with Nitrogen Application on Bioactive Compounds and the Nutritional Value of Potato Tubers before and after Their Long-Term Storage" *Agriculture* 11, no. 11: 1076. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111076>

19. Begum, H., Ahanger, M. A., Su, Y., Lei, Y., Mustafa, N. S. A., Ahmad, P., Zhang L. 2019. Improved drought tolerance by AMF inoculation in maize (*Zea mays*) involves physiological and biochemical implications. *Plants* 8(12):579. <https://doi.org/10.3390/plants8120579>
20. Blake. G.R., Hartge. K.H., 1986. Bulk density. In: Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. (ed: A. Klute) Agr. Monogr. 9. ASA and SSSA. Madison WI. P. 363-375
21. Tüzüner. A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. T.C. Tarım Ormanve Köyşleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara/Turkey (in Turkish)
22. Idso. S.B.. 1982. Non-Water-Stressed Baselines: A Key to Measuring and Interpreting Plant Water Stress. *Agric. Meteorol.* 27: 59-70.
23. Howell, T.A., Yazar, A., Schneider, A.D., Dusek, D.A., Copeland, K.S. 1992. Lepa Irrigation of Corn and Sorghum. Center Pivot Field at Usda-Ars. Conservation and Production Research Laboratory, Bushland, Tx.
24. Ali M D and Shui L T (2009). Potential evapotranspiration model for Muda Irrigation Project, Malaysia. *Water Resources Management* 23(1): 57-69.
25. Gençoğlan, C., 1996. Mısır Bitkisinin Su Verim İlişkileri, Kök Dağılımı ile Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve CERES Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreyle Uyumluluğunun İrdelenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
26. Uçak, A., B., Öktem, A., Sezer, C., Cengiz, R., İnal, B. 2016. Determination of Arid and Temperature Resistant Sweet Corn (*Zea mays saccharata* Sturt) Lines. *International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)* 2, no. 7: 79-88.
27. Tanriverdi, C. Atilgan, A. Degirmenci, H. Akyuz, A. Comparasion of crop water stress index (Cwsi) and water deficit index (Wdi) by using remote sensing (Rs) Infrastruct. *Ecol. Rural Areas* (2017), pp. 879-894, [10.14597/infraeco.2017.3.1.068](https://doi.org/10.14597/infraeco.2017.3.1.068)
28. Marković, Monika, Goran Krizmanić, Andrija Brkić, Atilgan Atilgan, Božica Japundžić-Palenkić, Davor Petrović, and Željko Barač. 2021. "Sustainable Management of Water Resources in Supplementary Irrigation Management" *Applied Sciences* 11, no. 6: 2451. <https://doi.org/10.3390/app11062451>
29. Karakoy, T., 2008. A Study on Determining Yield and Yield Components on Some Local Genotypes of Chickpea (*cicer arietinum* L.) Collected From Cukurova And Middle Anatolian Regions. Cukurova University Institute of Science and Technology Department of Agronomy Ph.D., 117 pp, Adana-Turkey.
30. Der. G., Everitt, B.S., 2002. A Handbook Of Statistical Analyses Using SAS. Second Edition. CRC Press LLC. 2000 N.W. Corporate Blvd.. Boca Raton. Florida 3431. USA.
31. Gençel, B., 2009. İkinci Ürün Mısır Bitkisinde Bitki Su Stresi İndeksini (CWSI) Kullanarak Uygulanacak Sulama Suyu Miktarının Kestirimi Ç.Ü. Fen Bilimleri Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.

32. Ödemiş, R., Baştug, R., 1999. Infrared Termometre Tekniği Kullanılarak Pamukta Bitki Su stresinin Değerlendirilmesi ve Sulamaların Programlanması. *Turkish Journal Of Agriculture and Forestry*, 23:31-37.
33. Sarker, K.K.; Hossain, A.; Timsina, J.; Biswas, S.K.; Kundu, B.C.; Barman, A.; Murad, K.F.L.; Akter, F. 2019. Grain yield and quality of potato tuber and its water productivity are influenced by alternate furrow irrigation in a raised bed system. *Agriculture Water Management* 224:105750. <https://10.1016/j.agwat.2019.105750>
34. Sarker, K.K.; Hossain, A.; Timsina, J.; Biswas, S.K.; Malone, S.L.; Alam, M.K.; Loescher, H.W.; Bazzaz, M. 2020. Alternate furrow irrigation can maintain grain yield and nutrient content, and increase crop water productivity in dry season maize in sub-tropical climate of South Asia. *Agricultural Water Management* 238:106-229. <https://10.1016/j.agwat.2020.106229>
35. Wang, J.; Kang, S.; Zhang, F.; Li, Z. 2006. Effects of controlled alternate partial root-zone irrigation on soil microorganism and growth of maize. *Sci. Agric. Sin.* 39(10): 2056–2062. <https://europemc.org/article/cba/629915>
36. Wang, Y.; Janz, B.; Engedal, T.; Neergaard, A. 2017. Effect of irrigation regimes and nitrogen rates on water use efficiency and nitrogen uptake in maize. *Agric. Agricultural Water Management* 179: 271–276 <http://10.1016/j.agwat.2016.06.007>
37. Tanrıverdi, Ç., Değirmenci, H., Tekinerdoğan, M., Gönen, E., Arslan, F., Atılgan, A., 2018. Precision of Drought Based on the Topsis Method. *Scientific Papers-Series AAgronomy*, 61, s:516-521.
38. Erman, M. , Çiftçi, V. , Geçit, H. H. “Nohut Cicer arietinum L. ‘ta Özellikler Arası İlişkiler ve Path Katsayısı Analizi Üzerine Bir Araştırma” . *Journal of Agricultural Sciences* 03 (1997): 43-46 <<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ankutbd/issue/59699/860281>>
39. Uçak A B., Erman, M., Oğuz, A. (2018). Identification Of Chickpea (*Cicer Arietinum*.) Genotypes Tolerant To Water Stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(11), 7634-7642.
40. Uçak A B., Erman M. (2019). *Agriculture, Forestry And Aquaculturesciences Research Papers*, Bölüm Adı:(Negative Effects Of High Temperature On Yield And Quality Of Corn Genotypes) Gece Akademi, Basım Sayısı:1, Isbn:978-625-7958-52-3, İngilizce (Bilimsel Kitap böl.)