

## Farklı Sulama Suyu Miktarı ve Besin Çözeltisi Uygulamalarının Kinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*) Verim, Bazı Verim Bileşenleri ve Su Kullanım Etkinliği Üzerine Etkisi

Aylin ÇAYGARACI<sup>1</sup>, Hayrettin KUŞÇU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, <sup>2</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-4235-6836>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-9600-7685>

✉: kuscu@uludag.edu.tr

### ÖZET

Su ve bitki besin maddeleri, tarımsal üretimin vazgeçilmez unsurlarıdır. Bu çalışmada, kinoa bitkisine uygulanan farklı sulama suyu düzeyleri ile Hoagland besin çözeltisinin farklı konsantrasyonlarının, bitkinin vejetatif gelişimi, verimi ve bazı verim bileşenleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneme, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi uygulama seralarında yürütülmüştür. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde 4 tekerrürlü olarak yürütülen çalışmada, ana parselde 5 sulama suyu düzeyi (Bitki su tüketiminin (ET<sub>c</sub>) %50, 75, 100, 125 ve 150'si kadar sulama), alt parsellere ise standart Hoagland (H) besin çözeltisinin konsantrasyonları (0.50H, 1.00H ve 2.00H) yerleştirilmiştir. Deneme konularına, yetiştiricilik mevsimi boyunca 306 mm ile 919 mm arasında sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik bitki su tüketimi ise 306 mm ile 741 mm aralığında değişmiştir. Sulama suyu düzeyi arttıkça tane verimi de artmış ve en yüksek tane verimi (334 kg da<sup>-1</sup>) %150 ET<sub>c</sub> sulama düzeyi ve 2.00H besin çözeltisi konsantrasyonundan elde edilmiştir. Biyokütle verimi ve diğer verim bileşenleri, sulama düzeyi ve/veya besin çözeltisi konsantrasyonlarından değişen düzeylerde önemli ölçüde etkilenmiştir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 08.01.2019

Kabul Tarihi : 07.03.2019

#### Anahtar Kelimeler

Hoagland besin çözeltisi

Kinoa

Sera

Kısıntılı sulama

Biyokütle verimi

## The Effect of Different Irrigation Water Amounts and Nutrient Solution Applications on the Yield, Some Yield Components and Water Use Efficiency of Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*)

### ABSTRACT

Water and plant nutrients are indispensable factors of agricultural production. In this study, the effects of different irrigation water levels and concentrations of Hoagland nutrient solution applied to quinoa plant on the vegetative growth, yield and some yield components of the plant were investigated. The study was conducted at the Research and Application Greenhouses of Agricultural Faculty, Bursa Uludağ University. The experiment was arranged as a randomized split-plot design with 5 irrigation water levels (50, 75, 100, 125 and 150%) of the crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) as the main plot factors and the concentrations of the standard Hoagland (H) nutrient solution (0.50H, 1.00H and 2.00H) as the subplot factor with four replications. Irrigation water was applied 306 mm with 919 mm to the experimental pots during the growing season. Seasonal ET values ranged from 306 mm to 741 mm. As the irrigation water level increased, the grain yield increased and the highest grain yield (334 kg da<sup>-1</sup>) was obtained from 150% ET<sub>c</sub> irrigation level and 2.00H nutrient solution concentration. Biomass yield and other yield components were significantly affected by varying levels of irrigation levels and / or nutrient solution concentrations.

### Research Article

#### Article History

Received : 08.01.2019

Accepted : 07.03.2019

#### Keywords

Hoagland nutrient solution

Quinoa

Greenhouse

Deficit irrigation

Biomass yield

## GİRİŞ

Dünya nüfusundaki artış, gıda ve su gereksinimini de artırmaktadır. Bu nedenle su kaynaklarının rasyonel kullanılmasının yanı sıra kuraklık stresine dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi gıda güvenliği için ilk akla gelen önlemler arasında yer almaktadır (Yazar ve ark., 2013). İnsan beslenmesinde tahıllar önemini korumakla birlikte, birçoğu içerdiği gluten nedeniyle, özellikle vitamin ve mineraller olmak üzere vücudun ihtiyaç duyduğu çeşitli besin maddelerinin emilimini azaltmakta ve çölyak hastalığına sahip kişiler tarafından tüketilememektedir (Battais ve ark., 2005; Demir ve Kılınç, 2016). Kinoa bitkisinin gluten içermemesi, yüksek düzeyde protein içeriğine sahip olması ve son yıllarda insan ve hayvan beslenmesindeki öneminin anlaşılması nedeniyle üretiminde ve tüketiminde artış gözlenmektedir. Küresel iklim değişikliği ve kuraklık gibi sebeplerden dolayı pirinç üretiminin azalması ve maliyetlerin artması, kinoa gibi alternatif ürünlere yönelimi artırmıştır (Hinojosa ve ark., 2018). Amerika kıtasında insan beslenmesinde asırlardır kullanılan bu bitki, Avrupa'da geleceğin gıda ve yem bitkisi olarak dikkat çekmektedir (Jacobsen ve Stolen, 1993; Sigsgaard ve ark., 2008; Bertero ve Ruiz, 2010). Kinoa, C3 bitkiler grubundan çift çenekli tek yıllık bir tane bitkisidir (Jacobsen ve ark., 2003). Toprak ve iklim özellikleri yönüyle geniş bir adaptasyon yeteneğine sahip olan kinoa bitkisinin, abiyotik stres faktörlerine (kuraklık, tuzluluk, don vb.) dikkate değer ölçüde toleransı bulunmaktadır (Kaya ve ark., 2015; Yazar ve ark., 2015; Dumanoglu ve ark., 2016; Hinojosa ve ark., 2018).

Seracılık faaliyetleri, Türkiye genelinde her geçen gün artmaktadır. Genellikle, bitki besin maddelerinden geniş ölçüde yararlandığı serada yetiştiriciliği yapılan bitkilerin çoğunda topraksız ortam kullanılmaktadır (Ullah ve ark., 2017). Bu ortamlar, su ve bitki besin maddelerini tutmak ve bu girdilerin bitki kök bölgesinde kullanışlı formda olmasını sağlamak amacıyla substrat olarak kullanılmaktadır. Kinoa bitkisi genelde açık tarım arazilerinde yetiştirilmesine karşın, onun yüksek ekonomik getirisi nedeniyle sera ortamında yetiştirilme olanağı da bulunmaktadır. Çiftçilerin çoğu, günümüz koşullarında, daha yüksek verimler almak amacıyla daha fazla su ve bitki besin maddesi kullanma eğilimindedirler ve genellikle konvansiyonel uygulamalar kullanmaktadırlar. Buna karşın, çoğu zaman gereğinden fazla kullanılan bu tarımsal girdiler bitki verimlerinde ekonomik anlamda önemsiz verim artışları sağlamaktadır. Diğer taraftan, su ve bitki besin maddelerinin aşırı kullanımı, bitki besin maddelerinin yıkanmasında artışa ve toprak çevresinin zarar görmesine neden olabilmektedir (Chen ve ark., 2013).

Su kullanım etkinliği (SKE), suyun kıt olduğu bölgelerde göz önüne alınması gereken en önemli parametredir. SKE, bitki büyüme mevsimi boyunca kullanılan su miktarı başına verimi arttırarak veya verimde büyük bir azalma olmaksızın uygulanan sulama suyu miktarında belirli düzeyde azaltmayla iyileştirilebilir (Parry ve ark., 2005, Ullah ve ark., 2017).

Su tasarrufu ve SKE'yi iyileştirmek kullanılan diğer önemli bir teknik ise kısıntılı sulamadır (Ullah ve ark., 2017). Kısıntılı sulamada; bitkiye gerekenden daha az su uygulayarak mevcut su kaynağı ile daha geniş alanların sulanması hedeflenmektedir. Daha önce yapılan çalışmaların çoğunda kinoa bitkisine uygulanan düşük düzeyli kısıntılı sulama uygulamalarının verimde çok büyük azalmalara neden olmadığı ancak kalite parametrelerinde bir miktar iyileşmeler olabileceği raporlanmıştır (Garcia ve ark., 2003; Geerts ve ark., 2008a; Yazar ve ark., 2015). Bununla birlikte, bitkinin gelişme evrelerindeki su stresi de verim ve kalite üzerinde önemli etkiye sahip olmaktadır. Geerts ve ark. (2008b), kinoa bitkisinin çiçeklenme öncesi, çiçeklenme ve tane dolun döneminde ortaya çıkan su stresinin hem toplam verim hem de SKE üzerinde olumsuz etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Çimlenme dönemi sonrası 12 yapraklı döneme kadar kuraklık stresinde önemli verim azalmaları meydana gelmezken tam sulama uygulamalarına kıyasla ya eşit ya da daha yüksek SKE elde edilebilmektedir (Geerts ve ark. 2008a, 2008b, 2009). Diğer taraftan bazı üreticiler yüksek düzeyde bitki besin maddesi kullanarak verimlerini artırma çabası içindedirler. Ancak bu uygulama çoğu zaman gereksiz olmakta ve hem girdi maliyetlerini arttırmakta hem de çevresel problemlere neden olmaktadır (Sun ve ark., 2009, Akınoğlu ve ark., 2017). Toprakta, bitki kök bölgesinde optimum düzeyde bitki besin maddesi bulundurmamak bitki su alımını ve SKE'yi arttırmaktadır. En uygun düzeyde üretim elde etmek, aşırı yıkanma aracılığı ile azot kaybı ve toprak kirliliğini azaltmak için sulama oranları ve gübre uygulama oranları arasında uygun bir dengenin sağlanması gerekmektedir.

Farklı sulama rejimleriyle farklı bitki besin konsantrasyonlarının bitki gelişimi üzerine etkilerini analiz etmek suretiyle, kinoanın büyüme ve verimini sürdürmek için en uygun gübreleme stratejisi elde edilebilecek, topraksız kültürde yıkamaya bağlı azot kayıpları ve kök bölgesinde nitrat birikimi azaltılabilecektir. Dünya genelinde yapılan çalışmalarda, kinoanın farklı sulama stratejileri altında tane verimi ve kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Ülkemiz genelinde ise kinoa üzerine yapılan çalışmalar bitki sıklığı, gübreleme, su kalitesi ve farklı sulama stratejileri üzerinde olmakla birlikte çok sınırlı sayıdadır. Ancak, kinoa için topraksız kültürde farklı sulama stratejileri ile bitki besin

konsantrasyonlarının birlikte ele alındığı çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, kinoa bitkisinin verim, bazı verim unsurları ve SKE üzerinde en uygun sulama suyu ve bitki besin konsantrasyonu düzeyini belirlemektir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma, 2017 yılı yetiştirme mevsiminde, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Örtü Altı Araştırma ve Uygulama Ünitesi'nde (40°13' Kuzey, 28°52' Doğu, deniz seviyesinden yükseklik 114 m) yer alan 1 dekarlık alana sahip cam serada yürütülmüştür. Denemeler, Mayıs-Ağustos ayları boyunca devam etmiştir. Deneme süresince sera içi ortam sıcaklığı 20-50 °C arasında değişmiş olup ortalama bağıl nem %70 olarak belirlenmiştir. Laboratuvar çalışmaları ise, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Sulama ve Drenaj Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada bitki materyali olarak, Titicaca kinoa (*Chenopodium quinoa*) çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşit, su kaynaklarının sınırlı olduğu ekolojilerde yetiştirilmesi önerilen ve tane verimi yüksek bir çeşittir (Kır ve Temel, 2016). Denemede, bitki yetiştirme ortamı olarak plastik saksılar (üst çapı 20 cm, alt çapı 17 cm, yüksekliği 21 cm) ve su tutma kapasitesi yüksek olan tarım perlitli kullanılmıştır.

Kinoa tohumları, 08.05.2017 tarihinde, laboratuvar ortamında, torfla doldurulan viyollerin her bir gözüne 2 adet olmak üzere ekilmiş ve her gün şebeke suyuyla (elektriksel iletkenlik, EC=0.35 dS m<sup>-1</sup>) çimlenme aşamasına kadar sulanmıştır. Tohumların çimlenmeye başlamasıyla birlikte viyoller 12.05.2017 tarihinde denemenin yapılacağı seraya taşınmıştır. Sera ortamında, 4-5 yapraklı fide dönemine gelen bitkiler, Mayıs ayının sonunda her bir deneme saksına 4 adet fide gelecek biçimde şaşırtma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde 4 tekerrürlü olarak yürütülen çalışmada, ana parselde 5 sulama suyu düzeyi (Bitki su tüketiminin (ETc) %50, 75, 100, 125 ve 150'si kadar sulama), alt parsellere ise standart Hoagland (H) besin çözeltisinin konsantrasyonları (0.50H, 1.00H ve 2.00H) yerleştirilmiştir. Besin çözeltilerinin 0.50H, 1.00H ve 2.00H konsantrasyonları için EC değerleri sırasıyla 0.95, 1.94 ve 3.85 dS m<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür.

Standart Hoagland besin çözeltisi, Hoagland ve Arnon (1950)'ye göre hazırlanmıştır. Bu standart çözelti 0.1H konusu için kullanılmış, standart konsantrasyonun hazırlanmasında kullanılan makro ve mikro besin elementlerinin 2 katı kullanılarak hazırlanan çözelti 0.2H konusu için kullanılmış ve 0.1H konusu için hazırlanan çözeltinin %50 çeşme suyuyla seyreltilmesi ile elde edilen çözelti ise 0.5H konusunda yer alan

bitkilerin sulanmasında kullanılmıştır. Şaşırtma işleminden sonra, deneme süresi boyunca bitkilere sadece daha önce belirlenen konsantrasyonlardaki Hoagland besin çözeltileri uygulanmış, ayrıca bir kaynaktan sulama yapılmamıştır.

Uygulanacak besin çözeltisi içeren sulama suyu miktarı, kontrol konusundaki saksılar tartılarak belirlenmiştir. Denemelerin başlangıcında, perlit içeren saksılar su ile doyurulmuş ve saksıların üstleri buharlaşmayı önlemek için kapatılmıştır. Drenajın sona ermesinden sonra, her bir saksının ağırlığı alınmış ve bu ağırlık tarla kapasitesi olarak kabul edilmiştir. Hesaplanan sulama suyu miktarı, saksının su içeriğini tarla kapasitesine getirmek için, her sulamada her bir saksıya uygulanmıştır. Ardışık iki sulama arasında kısa bir süre olduğu için bitki biyokütlesindeki çok küçük olduğu için artış ihmal edilmiştir (Ullah ve ark., 2017).

Sulama suyu miktarını belirlemek amacıyla, kontrol konusunun her tekerrürü için günün başı iki sulama arasındaki bitki su tüketimi, su bütçesi eşitliği (ağırlık esas) kullanılarak Eşitlik 1 ile hesaplanmıştır (Kurunç ve Ünlükara, 2009).

$$ET_{C(K)} = S + [W_n - (W_{n+1})] \quad (1)$$

Eşitlikte,  $ET_{C(K)}$  kontrol konusunun bitki su tüketimi,  $S$  uygulanan suyun miktarı (Litre) ve  $W_n$  ile  $W_{n+1}$  ise n. ve n+1. sulama öncesi saksı ağırlığıdır (g).  $ET_{C(K)}$  bir sonraki sulama için kontrol konusuna uygulanmış olan standart su miktarı (S%100) olarak göz önüne alınmaktadır. Diğer tüm deneme konuları, kontrol konusunun tekerrürlerinden elde edilen ortalama  $ET_c$ 'nin ya da S%100 değerinin belirtilen yüzdelere göre sulanmıştır.

Drenaj suyu, tam sulama konusunun üzerinde sulanan deneme konularının her tekerrüründen saksıların altında yer alan tabaklardan toplanmış ve ortalama değer olarak ölçülmüştür. Aşırı sulama konularında drenaj gözlenmiş ancak kısıntılı sulanan deneme konularında drenaj gözlenmemiş ve drenaj değeri sıfır kabul edilmiştir. Sulama her gün yapılmış ve drenaj suyu değerleri her gün sulamadan sonra ölçülmüştür.

Kontrol konusu dışındaki diğer tüm deneme konularının bitki su tüketimi ( $ET_c$ ) su bütçesi eşitliği kullanılarak uygulanan besin çözeltisi hacminden drene olan besin çözeltisinin çıkarılmasıyla belirlenmiştir. Sera ortamında yürütülen denemede, yağış, yüzey akışı ve kapılar yükselme olmadığı için su bütçesi, Eşitlik 2'deki gibi yazılabilir:

$$ET_c = I - \Delta S - D \quad (2)$$

Eşitlikte,  $ET_c$  bitki su tüketimi,  $I$  uygulanan sulama

suyu miktarı (L), ΔS substrat ya da toprakta tutulan su miktarındaki değişim (L) ve D drenaj suyudur (L). Yapay substrat (perlit) için depolanan su miktarındaki değişim çok düşük olduğundan ve onun çok sınırlı etkisi nedeniyle bu çalışmada ihmal edilmiştir (Ullah ve ark., 2017). Böylece kontrol konusu dışındaki deneme konuları için bitki su tüketimi, Eşitlik 3'deki gibi hesaplanmıştır:

$$ET_c = I - D \quad (3)$$

Deneme yılı içinde 14 Haziran tarihinde, bitki yapraklarında bit ve siyah sinek gözlemlenmiş ve ilaçlama yapılmıştır. Böcek ilacı olarak 4A Grubu Efdal Afitrid 20 SP insektisit kullanılmıştır. Ayrıca, aynı tarihte bazı bitkilerin yapraklarında kurt da gözlenmiştir. Tekrar ilaçlama yapılmış, böcek ilacı olarak 4A Grubu Efdal Afitrid 20 SP ve 28 Grubu (diamidler) Coragen 20 SC insektisit kullanılmıştır. Mücadele başarılı olmuş ve 6 Temmuz 2017 günü zararlı gözlenmemiştir. Sulama uygulamalarına 6 Ağustos 2017 tarihinde son verilmiş olup bu tarihten sonra bitkiler kurumaya bırakılmıştır. Saksıdaki bitkilerin sararıp kuruduğu, çiçek salkımı elle ovuşturulduğunda tanelerin döküldüğü zamanda (ort.%13 nem) hasat gerçekleştirilmiştir. Kinoa bitkileri makas yardımıyla kök boğazından kesilerek 14 Ağustos 2017 tarihinde Bursa U.Ü. Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Sulama ve Drenaj Laboratuvarına taşınmış ve tanelerine ayrılmıştır.

Tane verimini belirlemek için, her deneme konusunun her tekerrüründe yer alan saksılardaki tüm bitkiler tanelerine ayrılmış ve 1 ay kadar süreyle laboratuvar ortamında doğal olarak kurutulduktan sonra hassas terazi ile tartılarak ağırlıkları alınmıştır. Bu ağırlıklar saksı yüzey alanına oranlanarak tane verimi  $g\ m^{-2}$  cinsinden elde edilmiş ve  $kg\ da^{-1}$  olarak değerlendirilmiştir. Toprak üstü kuru madde (biyokütle) verimini ( $kg\ da^{-1}$ ) belirlemek amacıyla bitkiler  $65^{\circ}C$  sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar (24 saat) kurutulmuş ve kurutulan bitkilerin ağırlığı saksının yüzey alanına oranlanmıştır. Her alt parselde yer alan deneme konularından hasat edilen yüz tohumun ağırlığı tartılmış ve sonuç on ile çarpılarak bin tane ağırlığı (g) saptanmıştır. Toprak seviyesinden ana salkımın en uç noktasına kadar olan mesafe (cm) bir şerit metre aracılığı ile ölçülerek bitki boyu, dijital kumpas yardımıyla tüm bitkilerin gövde çapları (mm) ölçülerek gövde çapı, ana salkımın en alt dalından uç noktasına kadar olan uzaklık (cm) ölçülerek ana salkım uzunluğu, bitki üzerinde oluşan salkımlar sayılarak bitkide salkım sayısı, ana salkımı oluşturan dallar sayılarak salkımdaki dal sayısı parametreleri belirlenmiştir. Ayrıca, tane verimi bitki su tüketimine oranlanarak su kullanım etkinliği hesaplanmıştır (Sezen ve ark., 2016).

Denemeden elde edilen verinin istatistiksel olarak değerlendirilebilmesi için, IBM SPSS 23 bilgisayar paket programı kullanılarak tüm veri için varyans

analizleri yapılmış ve F testinin en az %5 düzeyinde önemli bulunması halinde ortalama değerler Duncan'a göre gruplandırılmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Uygulanan Sulama Suyu Miktarı, Bitki Su Tüketimi ve Drenaj

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı, drene olan su miktarı ve bitki su tüketimi sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı 306 mm ile 919 mm arasında değişmiştir. Kısıntılı sulama yapılan deneme konularında drenaj gözlenmezken tam sulama yapılan konularda ihmal edilebilecek düzeyde drenaj gözlenmiş, en fazla drenaj ise kontrol ( $S_{100-1.0H}$ ) konusuna göre 1.5 kat fazla sulama yapılan ( $S_{150-1.0H}$ ) konusundan 211 mm olarak gerçekleşmiştir.

Deneme konularının bitki su tüketimi değerleri 306-741 mm aralığında hesaplanmıştır. Göreceli olarak en yüksek bitki su tüketimi değerleri, kontrol konusuna verilen sulama suyu miktarından daha fazla sulama yapılan uygulamalardan elde edilmiştir. Kısıntılı sulama uygulamalarında ise bitki su tüketimi değerleri düşmüştür. En yüksek bitki su tüketimi  $S_{150-2.0H}$  konusundan elde edilirken en düşük ise yüksek düzeyde su stresinin uygulandığı  $S_{50}$  sulama düzeyinin 0.5H besin çözeltisi konusundan saptanmıştır. Adana ilinde Triticum kinoa çeşidi ile açık tarla koşullarında yapılan denemelerde elde edilen bitki su tüketimi değerleri sulama yapılmadığında 247-253 mm, tam sulama koşullarında ise 360-576 mm olarak belirlenmiş ve kısıntılı sulama koşullarında tam sulamaya kıyasla bitki su tüketiminde azalma saptanmıştır (Kaya ve Yazar, 2016). Bu çalışmadan tam ve kısıntılı sulama koşullarında elde edilen bitki su tüketimi değerleri Kaya ve Yazar (2016) tarafından elde edilen sonuçlara benzerlik göstermekle birlikte biraz daha yüksektir. Bunun nedeni, çalışmanın sera koşullarında yürütülmesine bağlı olarak bitkilerin daha yüksek sıcaklıklara maruz kalması sonucu buharlaşma ve terlemenin artması olabilir. Diğer taraftan, Razzaghi ve ark. (2012), Danimarka'da farklı toprak bünyelerinde tam ve kısıntılı sulama koşulları için kinoa bitki su tüketimini 163-289 mm arasında belirlemişlerdir. Bu değerler, bu çalışmadan elde edilen bulgulardan oldukça düşüktür. Bunun nedeninin farklı iklim ve toprak özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

### Tane Verimi

Kinoa bitkisinin farklı su seviyesi ve besin çözeltisi konularından elde edilen tane verimi varyans analiz sonucuna göre, tane verimi için Hoagland besin çözeltisi konsantrasyonu (H), sulama suyu düzeyi (S) ve H × S etkileşimlerinde  $p < 0.01$  olasılık düzeyinde önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır.

Çizelge 1. Mevsimlik sulama suyu miktarı, drenaj ve bitki su tüketimi değerleri

Besin konsantrasyonu	çözültüsü düzeyi	Sulama suyu miktarı (mm)	Sulama suyu Drenaj (mm)	Bitki su tüketimi (mm)
0.5H	S <sub>%50</sub>	306.25	0.00	306.25
	S <sub>%75</sub>	459.38	0.00	459.38
	S <sub>%100</sub>	612.50	0.12	612.38
	S <sub>%125</sub>	765.63	71.25	694.38
	S <sub>%150</sub>	918.75	198.87	719.88
1.0H	S <sub>%50</sub>	306.25	0.00	306.25
	S <sub>%75</sub>	459.38	0.00	459.38
	S <sub>%100</sub>	612.50	0.00	612.50
	S <sub>%125</sub>	765.63	74.82	690.81
	S <sub>%150</sub>	918.75	211.25	707.50
2.0H	S <sub>%50</sub>	306.25	0.00	306.25
	S <sub>%75</sub>	459.38	0.00	459.38
	S <sub>%100</sub>	612.50	0.06	612.44
	S <sub>%125</sub>	765.63	58.30	707.33
	S <sub>%150</sub>	918.75	177.86	740.89

Buna göre söz konusu girdilerin tane verimi üzerine etkilerini gruplandırmak amacıyla  $p < 0.05$  olasılık düzeyinde Duncan'ın çoklu dağılım testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir. Çizelge

2'ye göre, farklı sulama suyu seviyeleri için kinoa bitkisinin en yüksek tane verimi  $334.00 \text{ kg da}^{-1}$  ile S<sub>%150</sub> konusundan, en düşük tane verimi ise  $107.98 \text{ kg da}^{-1}$  ile S<sub>%50</sub> konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 2. Kinoa ortalama tane verimi değerleri ( $\text{kg da}^{-1}$ )

Sulama suyu düzeyi	Hoagland besin çözültüsü konsantrasyonu			
	0.5H	1.0H	2.0H	Ortalama
S <sub>%50</sub>	103.69 h <sup>1</sup>	115.00 h	105.25 h	107.98 E <sup>3</sup>
S <sub>%75</sub>	119.00 h	173.75 g	163.25 g	152.00 D
S <sub>%100</sub>	227.50 ef	189.00 fg	169.00 g	195.17 C
S <sub>%125</sub>	270.25 cde	260.25 de	346.75 b	292.41 B
S <sub>%150</sub>	314.25 bc	297.25 cd	390.50 a	334.00 A
Ortalama	206.94 b <sup>2</sup>	207.05 b	234.95 a	216.31

<sup>1</sup>Küçük harfler sulama suyu düzeyi  $\times$  Hoagland besin konsantrasyonu interaksiyonu yönüyle, <sup>2</sup>küçük harfler, besin konsantrasyonu yönüyle ve <sup>3</sup>büyük harfler ise sulama suyu düzeyi yönüyle tane verimi arasındaki istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) farklılıkları göstermektedir.

Diğer taraftan, Hoagland besin çözültüsü konuları için en düşük değer  $206.94 \text{ kg da}^{-1}$  ile 0.5H konusundan elde edilirken onu 1.0H konusu izlemiş ancak bu iki konu arasında istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ) önemli bir farklılık ortaya çıkmamış, en yüksek değer ise  $234.95 \text{ kg da}^{-1}$  ile 2.0H konusundan elde edilmiştir. Sulama suyu düzeyi ve besin çözültüsü konsantrasyonu interaksiyonu yönüyle bir inceleme yapıldığında, en yüksek verim S<sub>%150</sub>  $\times$  2.0H konusundan  $334.00 \text{ kg da}^{-1}$  olarak belirlenirken onu S<sub>%100</sub>  $\times$  2.0H konusu izlemiştir. En düşük kinoa verimleri, S<sub>%50</sub> konusunun altındaki tüm besin çözültüsü konsantrasyonları konularından elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, kinoa'nın besin çözültüsü konsantrasyonuna kıyasla sulama suyu düzeylerine çok iyi tepki verdiği, sulama miktarındaki artışla birlikte standart Hoagland besin çözültüsüne kıyasla 2 katı konsantrasyonda kinoa tane

veriminin arttığı söylenebilir. Kuraklık, düşük sıcaklıklar, toprak tuzluluğu ve tarımsal girdilerdeki yetersizlikler kinoa verimlerinin düşmesinde önemli rol oynamaktadır (Geerts ve ark., 2008a). Bu çalışmada da özellikle bitki besin maddelerindeki eksiklik ve sulama suyu stresinin verimleri önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Daha önce yapılan benzer bir çalışmada, Kaya ve Yazar (2016), 151 ile 299  $\text{kg da}^{-1}$  arasında değişen tane verimi elde etmişlerdir. Geerts ve ark. (2008a), Bolivyanın güneyinde iki farklı lokasyonda yürütülen denemelerde, yetiştiricilik mevsimine ve lokasyona göre farklılık göstermekle birlikte 34 ile  $240 \text{ kg da}^{-1}$  arasında tane verimi belirlerken hiç sulama yapılmamasına karşılık kısıntılı sulama ile verimlerde önemli artışlar olabileceğini belirtmişlerdir. Bu sonuçlar, kinoa verimlerinde, çeşide, yetiştiricilik yapılan yerin toprak

ve iklim özelliklerine ayrıca tarımsal girdilerin uygulama miktarlarına göre farklılıklar olabileceğini göstermektedir. Geren ve ark. (2014) ekim zamanının ve Geren ve ark. (2015) bitki sıklığının kinoa tane verimini önemli ölçüde etkilediğini bildirmişlerdir. Lavini ve ark. (2014), kinoa bitkisinde orta derecede kısıntılı sulamanın (%67 ET), yüksek derecede kısıntılı sulamadan (%33 ET) daha yüksek bir verimle sonuçlandığını rapor etmişlerdir.

### Toprak Üstü Kuru Madde Verimi

Toprak üstü kuru madde (biyokütle) verimine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, besin çözeltisi, su düzeyi ve bu iki girdinin etkileşimlerinin, toprak üstü kuru madde verimi üzerinde  $p<0.01$  olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Genelde, uygulanan sulama suyu düzeyindeki artışla toprak üstü kuru madde verimi değerleri de artış göstermiştir (Çizelge 3). En yüksek biyokütle verimi  $694.2 \text{ kg da}^{-1}$  ile  $S_{150}$  konusundan elde edilirken onu sırasıyla  $S_{125}$ ,  $S_{100}$ ,  $S_{75}$  ve  $S_{50}$  konuları izlemiştir. Diğer taraftan Hoagland besin çözeltisi konsantrasyonu uygulamaları yönüyle incelendiğinde, en yüksek ortalama biyokütle verimi

$494.62 \text{ kg da}^{-1}$  ile standarda göre 2 kat yoğun çözeltinin uygulandığı 2.0H konusundan elde edilirken, onu 1.0H ve 0.5H konuları izlemiştir ancak 1.0H ve 0.5H konuları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ( $p<0.05$ ) gözlenmemiştir. Sulama suyu düzeyi ve besin çözeltisi konsantrasyonu etkileşimini yönüyle bir inceleme yapıldığında, göreceli olarak daha yüksek verimler  $S_{100}$  ve  $S_{125}$  sulama konuları altında 2.0H besin çözeltisi konsantrasyonundan elde edilmiştir. Sulama suyu kısıdının daha sert olduğu  $S_{50}$  konusunun altındaki besin çözeltisi konsantrasyonunun tüm düzeylerinde en düşük biyokütle verimleri belirlenmiştir. Bu sonuç, kinoa bitkisinin yüksek besin konsantrasyonlarında ve sulama suyu düzeylerinde, yetiştirme ortamına bağlı olarak daha yüksek biyokütle ürettiğini göstermektedir. Bunun nedeni, bitki besin maddeleri ve suyun etkisine bağlı olarak kinoa bitkisinin daha fazla vejetatif gelişme göstermesi ve böylece daha yüksek kuru madde üretmesi olabilir. Başta azot olmak üzere yeterli düzeyde bitki besin maddesinin kök bölgesinde depolanması, bitkinin kuru madde üretiminde en büyük öneme sahiptir (Özdemir ve ark., 2019).

Çizelge 3. Toprak üstü kuru madde verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ) değerleri

Sulama suyu düzeyi	Hoagland besin çözeltisi konsantrasyonu			
	0.5H	1.0H	2.0H	Ortalama
$S_{50}$	212.16 h <sup>1</sup>	176.13 h	226.29 h	204.86 E <sup>3</sup>
$S_{75}$	252.96 h	358.70 g	355.89 g	322.51 D
$S_{100}$	489.13 ef	406.35 fg	373.49 g	422.98 C
$S_{125}$	583.74 de	575.15 de	724.71 ab	627.87 B
$S_{150}$	685.07 bc	606.39 cd	792.72 a	694.72 A
Ortalama	444.61 b <sup>2</sup>	424.54 b	494.62 a	

<sup>1</sup>Küçük harfler sulama suyu düzeyi  $\times$  Hoagland besin konsantrasyonu etkileşimini yönüyle, <sup>2</sup>küçük harfler, besin konsantrasyonu yönüyle ve <sup>3</sup>büyük harfler ise sulama suyu düzeyi yönüyle toprak üstü kuru madde verimi arasındaki istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) farklılıkları göstermektedir.

Daha önce yapılan benzer bir çalışmada, Erzurum ve Iğdır koşullarında sulu deneme alanlarında Titicaca kinoa çeşidi için biyokütle verimleri sırasıyla  $544.9 \text{ kg da}^{-1}$  ve  $810.8 \text{ kg da}^{-1}$  olarak bulunmuş ve kinoa genotiplerine bağlı olarak biyokütle verimlerinin farklılık gösterdiği belirtilmiştir (Tan ve Temel, 2017). Söz konusu çalışmadan elde edilen bulgular, bu çalışmadan elde edilen bulgulara benzerlik göstermektedir. Lavini ve ark. (2014), kuraklık ve tuz stresinin toprak üstü kuru madde verimini önemli ölçüde düşürdüğünü bildirmiştir. Bunun ötesinde, bu çalışmada farklı sulama düzeyleri ve besin maddesi konsantrasyonlarının da kinoa biyokütle verimini etkileyebileceği saptanmıştır

### Verim Bileşenleri

Bu çalışmada, ölçülen kinoa bitkisi verim bileşenlerinden bin tane ağırlığı üzerinde sulama suyu düzeylerinin etkisi  $p<0.05$  düzeyinde, diğer verim bileşenleri üzerinde sulamanın etkisi ise  $p<0.01$

düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Hoagland besin çözeltisi konsantrasyonunun yan dal sayısı üzerinde etkisi  $p<0.05$ , bin tane ağırlığı, bitki boyu ve gövde çapı üzerindeki etkisinin  $p<0.01$  düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, söz konusu iki faktörün etkileşimini sadece bitki boyu üzerinde  $p<0.01$  düzeyinde önemli düzeyde etki göstermiştir (Çizelge 4). Çizelge 4 incelendiğinde, en düşük bin tane ağırlığı  $S_{50}$  sulama konusundan elde edilirken  $S_{75}$  ile  $S_{150}$  arasında kalan tüm sulama konularında istatistiksel olarak önemli bir farklılık gözlenmemiş ve görece daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Bu sonuç, bin tane ağırlığının verim üzerine katkısının tane büyüklüğünden çok tane sayısı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Çünkü sulama konularının tane verimi üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $P<0.05$ ) etkisi olduğu belirlenmiş ve bin tane ağırlığı üzerine sulamanın etkisine yönelik gruplandırma farklılık sergilemektedir.

Çizelge 4. Bin tane ağırlığı, bitki boyu, gövde çapı, salkım uzunluğu ve yan dal sayısı ortalama değerleri

Deneme konuları	Bin tane ağırlığı (g)	Bitki boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Salkım uzunluğu (cm)	Salkım sayısı (adet/bitki)	Yan dal sayısı (adet/bitki)
S <sub>50</sub> × 0.5H	1.93	77.38 fg	2.98	34.63	17.75	25.50
S <sub>50</sub> × 1.0H	1.67	95.25 b-e	3.85	41.33	13.75	32.00
S <sub>50</sub> × 2.0H	1.86	87.13 def	3.76	49.33	21.00	28.25
S <sub>75</sub> × 0.5H	2.32	89.50 def	3.72	42.53	21.00	26.00
S <sub>75</sub> × 1.0H	2.10	86.13 def	4.03	48.13	22.50	24.00
S <sub>75</sub> × 2.0H	1.87	80.63 ef	4.22	47.13	21.75	30.00
S <sub>100</sub> × 0.5H	2.51	108.88 abc	4.38	57.25	24.25	32.25
S <sub>100</sub> × 1.0H	2.24	97.65 bcd	4.52	59.13	22.5	27.25
S <sub>100</sub> × 2.0H	1.82	99.25 a-d	4.97	49.32	24.25	38.00
S <sub>125</sub> × 0.5H	2.23	115.25 a	4.93	76.00	26.00	34.75
S <sub>125</sub> × 1.0H	1.99	108.68 abc	5.42	73.50	28.00	31.25
S <sub>125</sub> × 2.0H	2.06	94.13 cde	5.46	63.00	23.75	35.00
S <sub>150</sub> × 0.5H	2.46	111.75 ab	4.95	73.00	27.75	37.75
S <sub>150</sub> × 1.0H	2.05	98.25 bcd	4.87	70.62	26.75	28.25
S <sub>150</sub> × 2.0H	2.28	64.12 g	5.07	53.50	24.00	35.50
<i>Sulama düzeyi (S)</i>						
S <sub>50</sub>	1.82 b <sup>1</sup>	86.58 b	3.53 d	41.76 d	17.83 c	28.58 cd
S <sub>75</sub>	2.10 a	85.42 b	3.99 c	45.93 cd	21.75 b	26.67 c
S <sub>100</sub>	2.19 a	101.93 a	4.62 b	55.23 bc	23.75 ab	32.50 ab
S <sub>125</sub>	2.09 a	106.02 a	5.27 a	70.83 a	25.92 a	33.67 a
S <sub>150</sub>	2.26 a	91.38 b	4.96 ab	65.72 ab	26.17 a	33.83 a
<i>Hoagland besin çözeltisi konsantrasyonu (H)</i>						
0.5H	2.29 a	100.55 a	4.19 b	56.68	23.55	31.25 ab
1.0H	2.01 b	97.19 a	4.54 a	58.55	22.75	28.55 b
2.0H	1.98 b	85.05 b	4.70 a	52.46	22.95	33.35 a
F testi						
<i>S</i>	*	**	**	**	**	**
<i>H</i>	**	**	**	öd	öd	*
<i>S × H</i>	öd	**	öd	öd	öd	öd

(<sup>1</sup>): Her sütunda aynı harfle gösterilen ortalama değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsizdir.

\* ve \*\*: Sırasıyla P<0.05 ve P<0.01 düzeyinde önemlidir, öd: önemli değildir.

Besin konsantrasyonları yönüyle bir değerlendirme yapıldığında, 0.5H konusundan elde edilen bin tane ağırlığının, standart Hoagland çözeltisi (1.0H) ve 2.0H konularından daha yüksek olduğu görülmektedir. S<sub>50</sub> konusuyla diğer sulama konuları arasında bin tane ağırlığı yönüyle önemli farklılık bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, kinoa bitkisi bin tane ağırlığının Hoagland besin çözeltisinin standart ve yüksek konsantrasyonlarından olumsuz etkilendiği ancak 0.50 ETc düzeyi üstündeki sulama seviyelerinden önemli düzeyde etkilenmediği söylenebilir. Iğdır ovası kuru koşullarında yetiştirilen farklı kinoa çeşitleri içinden en yüksek bin tane ağırlığı 2.53 g ile Titicaca çeşidinden elde edilmiştir (Kır ve Temel, 2016). Bu sonuç, bu çalışmadan elde edilen değerlerden daha yüksektir. Söz konusu farklılığın nedeni, yetiştiricilik sistemleri arasındaki

farklılığın yanı sıra bitkinin farklı çevre koşullarında yetiştirilmesinden kaynaklanıyor olabilir. Başka bir çalışmada, Akdeniz iklim koşullarında farklı ekim zamanlarında yapılan denemede, yıl ve ekim zamanı faktörlerinin bin tane ağırlığı üzerine etkisi önemli bulunmuş ve en yüksek ortalama değer 3.50 g ile 1 Mart'ta yapılan ekimlerden, en düşük değer ise 3.24 g ile 15 Mayıs'ta yapılan ekimlerden sağlanmış, ekim zamanının ilerlemesiyle bin tane ağırlığının sürekli azaldığı bildirilmiştir. Bunun nedeni olarak geç ekim zamanlarında yüksek sıcaklık ve düşük oransal nem nedeniyle tohumların yeterince olgunlaşmadığı ve erken ekim zamanlarında salkımlardaki az olan tanelerin mevcut besin maddelerini alarak irileştiği belirtilmiştir (Geren ve ark., 2014). Bu çalışmadan elde edilen değerlerin görece daha düşük olmasının nedeni, bitkinin sera koşullarında yetiştirilmiş

olmasına bağlı olarak araştırmacıların belirttiği koşullardan dolayı tohumların yeterince olgunlaşmaması olabilir. Q-52 çeşidi kinoanın farklı tuz yoğunluklarına verdiği tepkileri incelemek amacıyla serada yürütülen bir başka saksı denemesinde ortalama bin tane ağırlığı 5.4 g bulunmuştur (Dumanoğlu ve ark., 2016). Kısıntılı sulama konuları daha düşük bin tane ağırlığına neden olmuştur. Lavini ve ark. (2014) tarafından yürütülen çalışmada tatlı su ile tam sulamayla, en yüksek bin tane ağırlığı (2.6 g) elde edilmiştir. Bu sonuçlar, bin tane ağırlığının, farklı genotiplere, yetiştiricilik ortamına, stres tipine ve düzeyine, tuzluluk düzeyine, iklim ve toprak özelliklerine göre değişebileceğini göstermektedir.

Çizelge 4'e göre, en yüksek bitki boyunun 115.25 cm ile  $S_{%125}$  ve 0.5H kombinasyonundan sağlandığı görülmektedir. Besin konsantrasyonu ortalama değerlerine bakıldığında, 0.5H ve 1.0H konularından elde edilen bitki boyu değerlerinin 2.0H konusundan elde edilen değerden istatistiksel olarak daha yüksek olduğu sonucuna varılmaktadır. Sulama düzeyleri altında ortalama en yüksek bitki boyu ise  $S_{%125}$  ve  $S_{%100}$  deneme konularından sırasıyla 106.02 ve 101.93 cm (bu değerler arasında istatistiksel olarak  $p < 0.05$  düzeyinde önemli fark yok) olarak elde edilmiştir. Diğer sulama konuları arasında bitki boyu yönüyle istatistiksel olarak önemli bir fark olmayıp bu iki konudan daha düşük bitki boyu değerlerine sahiptirler. Standart besin çözeltisinin 2 katı düzeyinde uygulama yapmak bitki boyunda azalamaya neden olmuştur. Bitkiye uygulanan yüksek konsantrasyondaki besin çözeltisinin bitki boyu gelişimini olumsuz etkilediği söylenebilir. Geren ve Güre (2017), kinoa bitki boyunun P düzeyindeki artışla arttığını, N seviyesinin 15 kg da<sup>-1</sup> seviyesine kadar arttırılmasıyla bitki boyunun arttığı, ancak bu seviyenin üstünde ise boyların hafifçe bir kısalma gösterdiğini bildirmişlerdir. Daha önce yapılan bir çok araştırmada, N dozundaki artışın belli bir düzeye kadar vejetatif gelişmeyi arttırdığı, diğer taraftan yüksek N düzeylerinin bitkide fitotoksik etki gösterdiği raporlanmıştır (Popişil ve ark., 2006; Geren ve Güre, 2017).

Besin çözeltisi konuları altında en kalın gövde çapları 2.0H ve 1.0H konusundan elde edilirken en düşük ise 0.5H konusundan elde edilmiştir. Sulama konuları altında en kalın gövde çapı 5.27 mm ile  $S_{%125}$  konusunda kaydedilmiştir. Genelde sulama düzeyindeki artış bitki gövde çapında bir artışa neden olmuştur (Çizelge 4).

Sulama düzeylerinin salkım uzunluğu üzerine etkileri farklılık göstermektedir. Genelde, sulama düzeyindeki artışla salkım uzunlukları da artış göstermiştir. En yüksek salkım uzunlukları (70.83 ve 65.72 cm)  $S_{%125}$  ve  $S_{%150}$  konularından elde edilirken en düşük (41.76 ve 45.93 cm) ise  $S_{%50}$  ve  $S_{%75}$  konularından elde edilmiştir

(Çizelge 4). Spehar ve de-Barro Santos (2005), Brezilya koşullarında 26 farklı kinoa çeşidini inceledikleri araştırmada, ortalama salkım uzunluğunun 11-26 cm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada genel olarak daha yüksek salkım uzunluklarının bulunması, kinoa bitkilerinin saksıda yetiştirilmesine bağlı olarak yeterli su ve bitki besin maddesinin verilmesi nedeniyle olabilir.

Çizelge 4 incelendiğinde, göreceli olarak daha yüksek salkım sayısının  $S_{%100}$  ve üzerindeki sulama seviyelerinde elde edildiği görülmektedir. Genelde, sulama düzeyindeki artış, salkım sayılarında bir artışa neden olmuştur. Hoagland çözelti konsantrasyonlarının salkım sayısına önemli bir etkisi olmamış ve ortalama değerleri 22.95 ile 23.55 adet/bitki arasında değişmiştir.

Sulama düzeyindeki artışla birlikte yan dal sayısı da artmıştır (Çizelge 4).  $S_{%100}$  konusu ve üzerindeki sulama uygulamalarından bitki başına en yüksek yan dal sayısı elde edilirken  $S_{%50}$  ve  $S_{%75}$  konularından daha düşük değerler elde edilmiştir. Bitki besin çözeltisi konsantrasyonu yönüyle bakıldığında, bitki başına en yüksek yan dal sayısı 2.0H konusundan 33.35 adet olarak gerçekleşmiştir.

### Su Kullanım Etkinliği

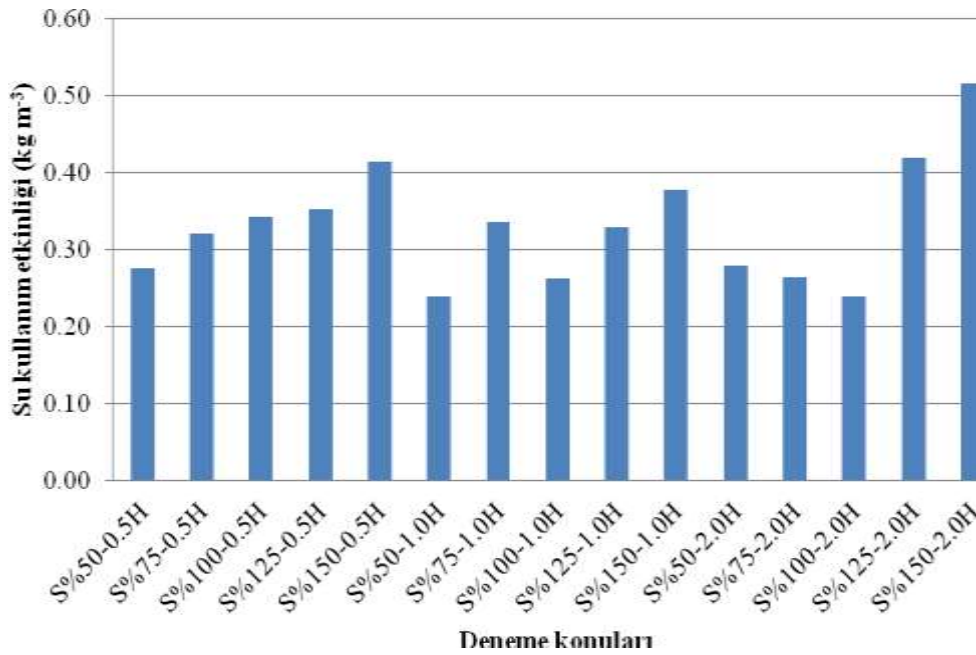
Deneme konularından elde edilen su kullanım etkinliği (SKE) değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Buna göre, en yüksek SKE (0.52 kg m<sup>-3</sup>)  $S_{%150}$ -2.0H uygulamasından elde edilirken onu  $S_{%125}$ -2.0H uygulaması izlemiştir. En düşük SKE değeri (0.24 kg m<sup>-3</sup>)  $S_{%50}$ -1.0H ve  $S_{%100}$ -2.0H uygulamalarında bulunmuştur. Farklı besin çözeltisi konsantrasyonlarında, bitki su tüketiminin %125 ve %150'si kadar sulama yapılan deneme konularından göreceli olarak daha yüksek SKE değerleri bulunmuştur. SKE, bitkinin suyu ürüne dönüştürme kapasitesinin bir ölçütüdür. Elde edilen bulgular, su ve bitki besin maddelerinin yeterli olduğu koşullarda kinoa bitkisinin bunu verime dönüştürmede oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

Hoagland besin çözeltisinin 2 katı konsantrasyonunda %125 ve %150 ETc sulama konularından göreceli olarak daha yüksek verim elde edilmesine bağlı olarak su kullanım etkinliklerinin de diğer konulardan yüksek bulunması, bu bitkinin su ve bitki besin maddelerine çok iyi düzeyde tepki verdiğini göstermektedir.

### SONUÇ

Marmara iklimi örtü altı koşullarında saksılarda yetiştirilen kinoa bitkisinde farklı sulama suyu düzeyleri ve Hoagland besin çözeltisi konsantrasyonlarının tane verimi, biyokütle verimi, bazı verim bileşenleri ve su kullanım etkinliği üzerine etkisi araştırılmıştır.





Şekil 1. Su kullanım etkinliği değerleri

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, kısıntılı sulama uygulamalarının veya yeterli düzeyde sulama yapılmamasının kinoa verimini düşüreceğini göstermektedir. Farklı besin çözeltileri konsantrasyonlarında, bitki su tüketiminin %125 ve %150'si kadar sulama yapılan deneme konularından göreceli olarak daha yüksek verim, verim unsurları ve su kullanım etkinliği değerleri bulunmuştur. Hoagland besin çözeltisinin standart ve 2 katı konsantrasyonunda göreceli olarak daha yüksek verim ve verim unsurları elde edilmiştir. Çeşide, kültürel işlemlere, yetiştiricilik sistemlerine, iklim ve toprak özelliklerine göre değişebileceği göz önüne alınarak, bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, bitki su tüketiminin %125 ile %150'si kadar standart ve/veya 2 katı konsantre Hoagland besin çözeltisi uygulaması önerilebilir.

### TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma, Aylin ÇAYGARACI tarafından Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında yapılan yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışmada, sera ve laboratuvar olanaklarını sağlayan U.Ü. Ziraat Fakültesi dekanlığına ve ilgili bölüm başkanlıklarına teşekkür ederiz.

### KAYNAKLAR

Akinoğlu G, Korkmaz A, Hoyuz A 2017. Farklı Substrat ve Besin Çözeltisi Miktarının Domates Bitkisinin Azot, Fosfor ve Potasyumdan Yararlanma Oranına Etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32: 391-397.

- Battais F, Courcoux P, Popineau Y, Kanny G, Moneret-Vautrin DA, Denery-Paini S 2005. Food Allergy to Wheat: Differences in Immunoglobulin E-Binding Proteins as A Function of Age or Symptoms. Journal of Cereal Science, 42: 109-117.
- Bertero HD, Ruiz RA 2010. Reproductive Partitioning in Sea Level Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars. Field Crops Research, 118:94-101.
- Chen JL, Kang SZ, Du TS, Qiu RJ, Guo P, Chen RQ 2013. Quantitative Response of Greenhouse Tomato Yield and Quality to Water Deficit at Different Growth Stages. Agricultural Water Management, 129: 152-162.
- Demir MK, Kılınç M 2016. Kinoa: Besinsel ve Antibesinsel Özellikleri. Journal of Food and Health Science, 2(3): 104-111.
- Dumanoğlu Z, Işık D, Geren H 2016. Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da Farklı Tuz (NaCl) Yoğunluklarının Tane Verimi ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 53(2): 153-159.
- Garcia M, Raes D, Jacobsen SE 2003. Evapotranspiration Analysis and Irrigation Requirements of Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) in The Bolivian Highlands. Agricultural Water Management, 60: 119-134.
- Geerts S, Raes D, Garcia M, Vacher J, Mamani R, Mendoza J, Huanca R, Morales B, Miranda R, Cusicanqui J, Taboada C 2008a. Introducing Deficit Irrigation to Stabilize Yields of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.). European Journal of Agronomy, 28(3): 427-436.
- Geerts S, Raes D, Garcia M, Condori O, Mamani

- J, Miranda R, Cusicanqui J, Taboada C, Yucra E, Vacher J 2008b. Could Deficit Irrigation Be a Sustainable Practice for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the Southern Bolivian Altiplano? *Agricultural Water Management*, 95(8): 909-917.
- Geerts S, Raes D, Garcia M, Miranda R, Cusicanqui J, Taboada C, Mendoza J, Huanca R, Mamani A, Condori O, Mamani J, Morales B, Osco V, Steduto P 2009. Simulating Yield Response of Quinoa to Water Availability with AquaCrop. *Agronomy Journal*, 101(3): 499-508.
- Geren H, Kavut YT, Altınbaş M 2014. Akdeniz İklimi Koşullarında Yetiştirilen Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da Farklı Ekim Zamanlarının Tane Verimi ve Bazı Verim Unsurlarına Etkileri, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 52(1): 69-78.
- Geren H, Kavut YT, Altınbaş M 2015. Bornova Ekolojik Koşullarında Farklı Sıra Arası Uzaklıkların Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da Tane Verimi ve Bazı Verim Özellikleri Üzerine Etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 52 (1): 69-78.
- Geren H, Güre E 2017. Farklı Azot ve Fosfor Seviyelerinin Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da Tane Verimi ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi Üzerinde Bir Ön Araştırma. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 54 (1):1-8.
- Hinojosa L, González JA, Barrios-Masias FH, Fuentes F, Murphy KM 2018. Quinoa Abiotic Stress Responses: A Review. *Plants*, 7(4):106-138.
- Hoagland DR, Arnon DI 1950. The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil. California College Agricultural Experiment Station Circ. Berkeley, Circular 347.
- Jacobsen SE, Stolen O 1993. Quinoa-Morphology, Phenology and Prospects for Its Production as A New Crop in Europe. *European J. Agron.*, 2(1): 19-29.
- Jacobsen SE, Mujica A, Jensen CR 2003. The Resistance of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Adverse Abiotic Factors. *Food Reviews International*, 19: 99-109.
- Kaya ÇI, Yazar A, Sezen SM 2015. SALTMED Model Performance on Simulation of Soil Moisture and Crop Yield for Quinoa Irrigated using Different Irrigation Systems, Irrigation Strategies and Water Qualities in Turkey. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4: 108-118.
- Kaya ÇI, Yazar A 2016. Saltmed Model Performance for Quinoa Irrigated with Fresh and Saline Water in a Mediterranean Environment. *Irrigation and Drainage*, 65(1): 29-37.
- Kır AE, Temel S 2016. Iğdır Ovası Kuru Koşullarında Farklı Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Çeşit ve Populasyonlarının Tohum Verimi ile Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Iğdır Üniv. Fen Bilimleri Enst. Derg.*, 6(4): 145-154.
- Kurunç A, Ünlükara A 2009. Growth, Yield, and Water Use of Okra (*Abelmoschus esculentus*) and Eggplant (*Solanum melongena*) as Influenced by Rooting Volume. *New Zeal. J. Crop Hort. Sci.*, 37: 201-210.
- Lavini A, Pulvento C, D'andria R, Riccardi M, Choukr-Allah R, Belhabib O, Yazar A, Incekaya C, Sezen SM, Qadir M, Jacobsen SE 2014. Quinoa's Potential in the Mediterranean Region, *J. Agro. Crop Sci.*, 200(5): 344-360.
- Özdemir S, Çarpıcı EB, Aşık BB 2019. Farklı Azot Dozlarının İtalyan Çiminin (*Lolium multiflorum westerwoldicum Caramba*) Ot Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 22(1): 131-137.
- Parry MAJ, Flexas J, Medrano H 2005. Prospects for Crop Production under Drought: Research Priorities and Future Directions. *Ann. Appl. Biol.*, 147: 211-226.
- Pospišil A, Pospišil M, Varga B, Svečnjak Z 2006. Grain Yield and Protein Concentration of Two Amaranth Species as Influenced by Nitrogen Fertilization. *Europ. J. Agron.*, 25 (3): 250-253.
- Razzaghi F, Plauborg F, Jacobsen SE, Jensen CR, Andersen MN 2012. Effect of Nitrogen and Water Availability of Three Soil Types on Yield, Radiation Use Efficiency and Evapotranspiration in Field-Grown Quinoa. *Agricultural Water Management*, 109: 20-29.
- Sezen SM, Yazar A, Tekin S, Şengül H 2016. Salçalık Biber Bitkisinde Damla Yöntemiyle Uygulanan Farklı Sulama Düzeylerinin Verim Üzerine Etkileri ve Ekonomik Analizi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 19(3): 310-318.
- Sigsgaard L, Jacobsen SE, Christiansen JL 2008. Quinoa, *Chenopodium quinoa*, Provides A New Host for Native Herbivores in Northern Europe: Case Studies of the Moth, *Scrobipalpa atriplicella*, and the Tortoise Beetle, *Cassida nebulosa*. *Journal of Insect Science*, 8(49): 1-4.
- Spehar CR, Santos RLB 2005. Agronomic Performance of Quinoa Selected in the Brazilian Savannah. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(6): 609-612.
- Sun ZX, Zheng JM, Sun WT 2009. Coupled Effects of Soil Water and Nutrients on Growth and Yields of Maize Plants in A Semi-Arid Region. *Pedosphere*, 19: 673-680.
- Tan M, Temel S 2017. Erzurum ve Iğdır Şartlarında Yetiştirilen Farklı Kinoa Genotiplerinin Kuru Madde Verimi ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Derg.*, 7(4): 257-263.
- Ullah I, Hanping M, Chuan Z, Javed Q, Azeem A 2017. Optimization of Irrigation and Nutrient Concentration Based on Economic Returns, Substrate Salt Accumulation and Water Use Efficiency for Tomato in Greenhouse. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(12): 1748-1762.
- Yazar A, Sezen M, Çolak YB 2013. Supplemental Irrigation of Wheat and Quinoa using Drainage

Canal Water under the Mediterranean Environmental Condition. International Conference on Sustainable Water Use for Securing Food Production in the Mediterranean Region under Changing Climate, 10-15 March,

Agadir/Morocco.

Yazar A, Kaya ÇI, Sezen SM, Jacobsen SE 2015. Saline Water Irrigation of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) Under Mediterranean Conditions. Crop and Pasture Science, 66(10): 993-1002.