

Çukurova bölgesinde drenaj suyu ile sulanan kinoa bitkisinde su-verim ilişkileri ve ekonomik değerlendirme

Semih Metin SEZEN¹ Servet TEKİN² Mehmet YILDIZ³

¹ Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

³ Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Mersin

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: smsezen@cu.edu.tr

ORCID:0000-0002-5008-9977

Makale Bilgisi/Article Info

Derim, 2018/35(2):173-185

doi: 10.16882/derim.2018.411170

Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 30.03.2018

Kabul Tarihi/Accepted:10.09.2018



Öz

Bu çalışmanın amacını 2014 ve 2015 yıllarında Çukurova bölgesinde Tarsus'ta yetişen kinoa (*Titicaca* çeşidi) bitkisinde farklı büyüme dönemlerinde uygulanan drenaj suyunun verim, verim bileşenleri, su kullanım etkinliği ve tuz birikimi üzerine etkisini değerlendirilmesi oluşturmaktadır. Çalışmada çizgi kaynaklı yağmurlama sulama sistemi kullanılarak farklı sulama düzeyleri oluşturulmuştur (I_1 - I_5). Kinoa bitkisinin 4 farklı gelişme döneminde (erken vejetatif, geç vejetatif, çiçeklenme ve dane dolum) laterale en yakın konuda (I_1) 60 cm toprak profilinde eksik nem tarla kapasitesine tamamlanmıştır. Laterale en yakın (I_1) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarı iki deneme yılında 344-400 mm, mevsimlik su tüketimi (ET) ise 459-514 mm arasındadır. Sulama düzeyleri (I_1 - I_4) kinoa dane verimi ve verim bileşenlerini önemli derecede etkilemiştir. En yüksek verim I_1 konusundan 4510-4880 kg ha⁻¹, en düşük verim ise susuz konudan (I_5) 1430-1880 kg ha⁻¹ elde edilmiştir. Verim ile su tüketimi arasında önemli doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. Verim tepki etmeni (ky) 2014 yılında 1.17, 2015 yılında ise 1.06 olarak hesaplanmıştır. Tüm konularda toprak tuzluluğu artan derinlikle azalmıştır. Sonuçta, Çukurova bölgesinde yağmurlama yöntemi kullanılarak sulanan kinoa bitkisinden daha yüksek verim elde etmek için 1.6 dS m⁻¹ tuzluluk düzeyinden daha düşük drenaj suyu ile tam sulama programı önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Abiyotik stres; Çizgi kaynaklı yağmurlama; Tuzluluk; Su tasarrufu

Water-yield relations and economic evaluation of quinoa irrigated with drainage water in the Çukurova Region

Abstract

The objectives of the present study were to evaluate the effect of drainage water at different growth stages of quinoa (*cv. Titicaca*) in the Çukurova region of Turkey in 2014 and 2015 on yield, yield components, water use efficiency and salt accumulation in the plant root zone. The line-source sprinkler lateral was used in order to create gradually varying deficit irrigation treatments (I_1 through I_5). Drainage water was applied to replenish soil water deficit in the 60 cm depth to the field capacity during four growth stages of quinoa (early vegetation, late vegetation, flowering and grain filling) in treatment plots adjacent to sprinkler lateral (I_1). Total amount of drainage water applied to treatment (I_1) was 344 and 400 mm; and seasonal water use (ET) was 514, and 459 mm, respectively, for two years. Irrigation levels (I_1 - I_4) influenced significantly quinoa yields and yield components. Maximum yield was obtained from the I_1 treatment as 4510-4880 kg ha⁻¹; and the lowest yield was obtained from the rainfed treatment (I_5) as 1880 and 1430 kg ha⁻¹, respectively. Significant linear relationships were found between seed yield and ET. The yield response factor (ky) was 1.17 in 2014 and 1.06 in 2015. Soil salinity decreased with increasing depth in all treatments. In conclusion, full irrigation using drainage water (1.6 dS m⁻¹) is recommended for sprinkler irrigated quinoa in order to obtain higher yield in the Çukurova region.

Keywords: Abiotic stress; Line-source sprinkler; Salinity; Water saving

1. Giriş

Kullanılabilir su kaynaklarının sınırlı olması, doğal kaynakların hızla kirlenmesi, küresel ısınma ve iklim değişikliği su kaynaklarına olan baskıyı giderek artırmaktadır. Sulamanın yeryüzündeki su kaynaklarının en büyük

tüketicisi olduğu göz önünde bulundurulduğunda, artan nüfusun gıda güvenliğini sağlamak amacıyla tarımsal üretimin sürdürülebilir bir şekilde artırılması, mevcut sınırlı kaynakların en verimli şekilde kullanılması ve suyun etkin kullanımının önemi daha da kaçınılmaz olmaktadır (Sezen

vd., 2017). Ayrıca küresel ısınma ve iklim değişimine karşı alınacak önlemler arasında kuraklık stresine dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) yüksek besin değeri, ekstrem iklim ve toprak koşullarına dayanıklılığı ile son yıllarda dikkatleri çeken bir bitkidir. Bu bitki uygun olmayan iklim ve toprak koşullarına iyi adapte olmuştur (Garcia, 2003). Güçlü karakteri, besin değeri nedeniyle oldukça popülerdir (Jacobsen vd., 2003). Kinoa bitkisinin yüksek adaptasyon yeteneği, soğuğa (Jacobsen vd., 2005), su stresine (Corwin vd., 2008; Geerts vd., 2008a, b) ve toprak tuzluluğuna (Jacobsen vd., 2003) yüksek tolerans seviyesinden kaynaklanmaktadır.

Sınırlı su kaynaklarına yönelik artan kentsel talep, iklim değişikliğinden kaynaklanan artan kuraklık, kurak ve yarı kurak tarım alanlarında drenaj suyunun yeniden kullanılmasına olan ihtiyacı artırmıştır. Drenaj suyunun marjinal araziler üzerinde kullanılması ile ek bir sulama suyu kaynağı oluşturularak, drenaj suyunun hacmi de azaltılabilecektir. Böylece tatlı su kaynaklarına olan talebi azaltacak ve verimlilik açısından da katkı sağlayacaktır (Oster ve Grattan, 2002). Ancak, drenaj suyunun içerdiği tuzlar ve iz elementler takip edilerek toprak kalitesini bozabilecek ve yetiştirilen bitkiye zarar verebilecek kimyasal bileşenlerinde belirlenmesi gerekmektedir (Qadir ve Oster 2004).

Bir su kaynağından maksimum fayda sağlanması ve drenaj suyunun tarımsal sulamada kullanılması için su kullanım stratejileri geliştirilmelidir. Sulama suyu kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde drenaj suyunun yeniden kullanımı, yerel ve saha dışı etkiler dikkate alınarak hem kısa hem de uzun vadeli ihtiyaçları dengelenmelidir (Diaz vd., 2013). Ancak, drenaj suyunun kalitesi hangi ürünlerin sulanabileceğini belirlemede önemli bir faktör olup tuza toleranslı bitkilerde, alternatif su kaynağı olarak kullanılabilir.

Tuza duyarlı bitkilerde sorun yaratma potansiyelinde dolayı dikkat edilmelidir. Yurtseven vd. (2010) sulu tarımda tuzlu suların kullanım stratejisi, arazi düzeyinde toprak tuzluluğunun kontrolünü gerektirdiğini ve buna ek olarak drenaj su miktarındaki azalmayı ve su

kaynakları üzerindeki etkisini azaltma koşuluyla sulamadan dönen suların tekrar kullanımı söz konusu olduğunu belirtmişlerdir. Konya bölgesinde sulu tarımın yaygın olduğu alanlarda çiftçilerin %22'sinin sulama suyu olarak drenaj kanallarındaki suyu kullandığı belirlenmiştir (Çiftçi vd., 1995).

Akdeniz tipi iklimlerde kış aylarında yüksek yağışlar toprak profilinde tuzun yıkanmasında önemli rol oynamaktadır. Toplam 650 mm olan yağışın %65'i kış aylarında düşmekte ve bitki kök bölgesindeki tuzları yıkamaktadır. Çukurova bölgesinde buğday, pamuk ve kinoa bitkilerinde yapılan araştırmalarda drenaj suyu ile yapılan sulamalarda kuru koşullara oranla önemli derecede verim artışları belirlenmiştir (Yazar vd., 2000; Yazar vd., 2015).

Çukurova bölgesinde tarımsal drenaj suyunun yeniden sulama amaçlı kullanılması ile mevcut su kaynaklarının korunumu ve su tasarrufu yapılabilir. Böylece bölgede kanal suyunun aşırı kullanımı nedeniyle çiftçilere yetersiz olan sulama suyu alternatif olarak sağlanabilir (Tekinel vd., 1989).

Bu çalışmada, Çukurova bölgesinde çizgi kaynaklı yağmurlama yöntemiyle farklı düzeylerde uygulanan drenaj suyunun kinoa bitkisinin vejetatif gelişimi, verim ve su kullanma randımanı ile bitki kök bölgesindeki tuz birikimi üzerine etkilerinin araştırılması; tamamlama sulamada kötü-nitelikli suların tam ve kısıntılı sulamada kullanılabilme olanaklarının test edilmesi, sulama düzeylerinin yol açtığı verim farklılıklarının yaratacağı maliyet ve ek gelirlerin somut olarak ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Deneme yeri, iklim ve toprak özellikleri

Araştırma, Aşağı Seyhan sulama proje alanının Tarsus Ovası kısmında ve Tarsus'un yaklaşık 10 km güney doğusunda yer alan Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyonu Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonunda (37°01' N enlem ve 35°01' E boylam) 2014 ve 2015 yıllarında yürütülmüştür. Deneme alanı toprakları killi-tınlı ve 90 cm profil derinliğindeki kullanılabilir su miktarı 155 mm'dir. Tarla kapasitesi (TK) ve solma noktası (SN) su içerikleri 90 cm'de derinlik olarak 395 ve 240 mm olarak belirlenmiştir. Toprak pH'sı hafif alkali, fazla

kireçli, tuzsuz, potasyum içeriği yeterli, organik madde ve fosfor içeriği çok azdır. Deneme alanında her bir konudan 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerinde toprak profilindeki tuz dağılımını belirlemek amacıyla dikimde, her bir sulamadan önce ve hasatta olmak üzere toprak örnekleri alınmıştır. Satürasyon çamurunda elektriksel iletkenlik (EC_e , $dS m^{-1}$) ölçümleri yapılmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü Çukurova'da Akdeniz iklimi görülür. Tarsus Araştırma Enstitüsü verilerine göre, uzun yıllık yağış ortalaması 616.3 mm'dir. Toplam yağışın %54'ü kış aylarında düşmektedir. Bölgede uzun yıllık sıcaklık ortalaması $17.8^{\circ}C$ 'dir. Uzun yıllar ölçümlerine göre oransal nem ortalaması %70.6'dır. Uzun yıllar ortalamalarına göre yıllık buharlaşma ise 1487.4 mm'dir. Denemenin yürütüldüğü 2014 ve 2015 yılına ait Topçu İstasyonu kimi iklim verileri uzun yıllık ortalama değerler ile birlikte Şekil 1'de verilmiştir. Kinoa bitkisi 2014 ve 2015 yılı dikim tarihinden hasada kadar geçen dönem için yağış değerleri, uzun yıllık ortalama yağış değerleri (1952-2013 yılları) ile birlikte Şekil 1'de verilmiştir. Bitki büyüme mevsimi süresince 2014 yılında toplam 182.3 mm yağış miktarı aynı dönemde düşen uzun yıllık yağış miktarından %27 daha fazladır. İkinci yılda ise toplam 119.5 mm yağış miktarı aynı dönemde düşen uzun yıllık yağış miktarından %16 daha azdır. Her iki deneme yıllarına ilişkin aylık buharlaşma miktarları incelendiğinde; en yüksek aylık buharlaşma miktarları ağustos ayında gerçekleşmiştir.

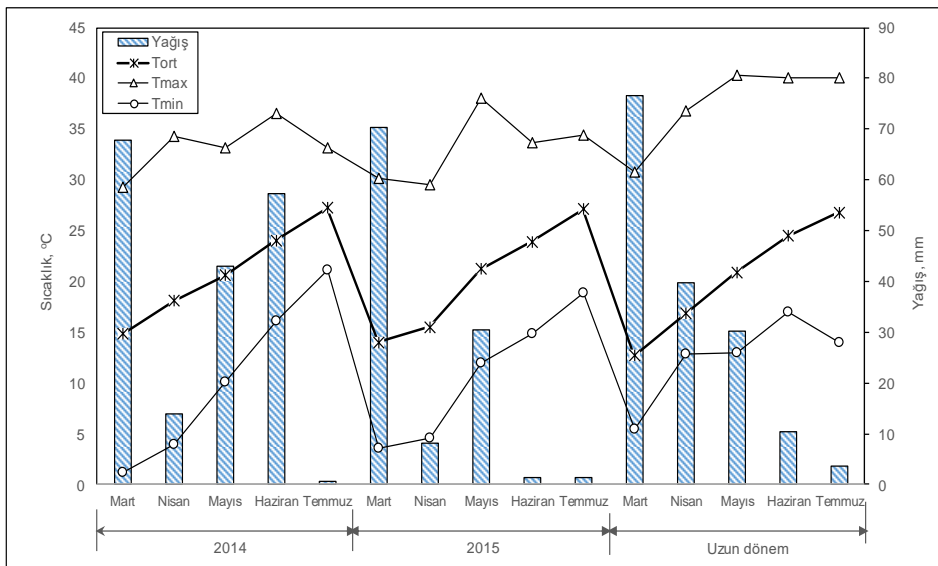
2.2. Deneme metodu ve araştırma konuları

Araştırmada sulamalar kinoa bitkisinin farklı gelişme dönemlerinde (vegetatif, çiçeklenme ve dane dolum) drenaj suyu kullanılarak tek lateral yağmurlama sistemiyle yapılmıştır. Erken ve geç vegetatif dönemleri bitkinin tüm gelişme döneminin önemli bir bölümünü kapsadığından vegetatif dönem erken ve geç vegetatif dönem olarak iki bölüme ayrılmış ve her bir dönemde ayrı sulama yapılmıştır. Sulama uygulamaları laterale en yakın konuda (I_1) gelişme dönemlerine bakılarak karar verilmiştir.

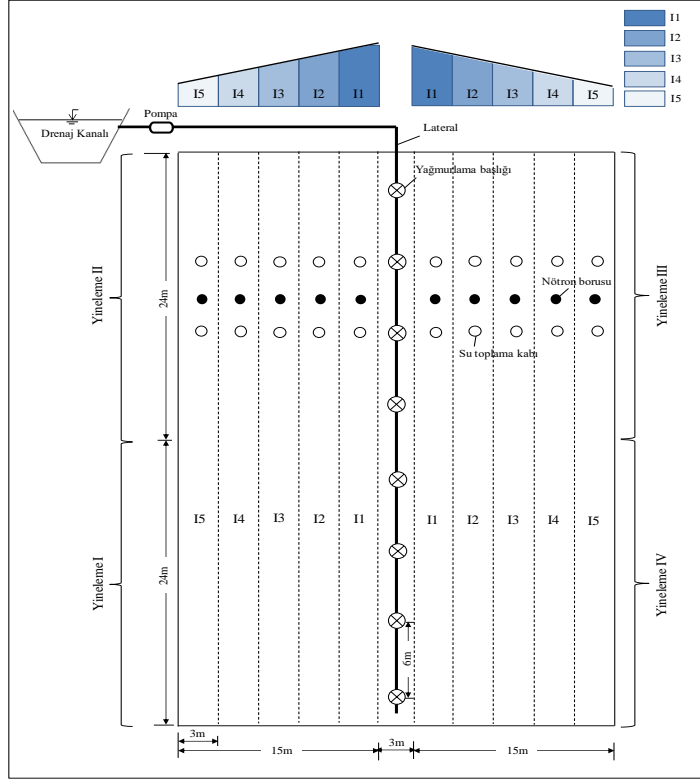
Her bir gelişme döneminde laterale en yakın konuda (I_1) toprak su içeriği belirlenerek 60 cm toprak derinliğindeki eksik nem tarla kapasitesine tamamlanmıştır. Laterale en yakın konuya en fazla sulama suyu uygulanırken, lateralden uzaklaştıkça uygulanan sulama suyu miktarı azalmıştır (I_2, I_3, I_4). Lateralden en uzak konu (I_5) ise susuz konuyu oluşturmuştur. Deneme dört yinelemeli olarak yürütülmüştür.

Parsel boyutları 6 bitki sırası genişliğinde (3.0 m) ve 24 m uzunluğundadır. Deneme parsellerin boyutları ve yerleşim düzenleri Şekil 2'de belirtilmiştir.

Araştırmada 4 farklı gelişme döneminde sulamalar yapılırken, kullanılan drenaj suyu elektriksel iletkenlik değerleri 2014 yılında $1.10-1.55 dS m^{-1}$, 2015 yılında ise $1.05-1.58 dS m^{-1}$ arasında değişmiştir ve C_3S_1 sınıfında yer almıştır.



Şekil 1. 2014 ve 2015 deneme yıllarına ve uzun yıllara ait kimi iklim verileri



Şekil 2. Çizgi kaynaklı yağmurlama sulama sistemi deseni

2.3. Tarımsal işlemler

Araştırmada bölgeye uyumlu *Titicaca kinoa* çeşidi kullanılmıştır. Bu amaçla kinoa tohumları serada viyollerde kontrollü koşullarda çimlendirilmiş ve 3 hafta sonra kinoa fideleri (bitki boyu 7-8 cm) dikimi sıra üzeri 20 cm, sıra arası 50 cm olacak şekilde 02.04.2014 ve 07.04.2015 tarihinde yapılmıştır. Her iki deneme yılında dikimle birlikte 15–15–15 gübresinden saf madde esasına dayanarak hektara 75 kg N, 75 kg P₂O₅ ve 75 kg K₂O dozunda uygulanmıştır. Üst gübre ise çiçeklenme döneminde hektara 75 kg N saf madde hesabıyla %33 Amonyum Nitrat formunda bitki sıralarına (banda) 26.05.2014 ve 29.05.2015 tarihlerinde uygulanmıştır.

2.4. Ölçüm ve gözlemler

Dikimden itibaren her bir sulama öncesi ve yaklaşık bir hafta aralıkla gravimetrik toprak örnekleri ve nötronmetre okumaları nem belirlemek amacıyla 0-90 cm toprak profilinde düzenli aralıklarla gözlenmiştir. Deneme alanı topraklarının 30 cm'lik katmanlar halinde 0-30, 30-60, 60-90 cm derinlikleri için nötronmetre kalibrasyon eşitlikleri çıkarılmıştır. Hasatta her

bir parselde kenarlardan birer sıra ve başlardan 1.0 m değerlendirme dışı bırakılarak 4 bitki sırasından 6 m uzunluğundaki alandaki (2.0 m x 6 m = 12.0 m²) bitkilerde hasat işlemi 10.07.2014 ve 03.07.2015 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Kinoa bitkisinde her bir konuda 20 gün aralıkla 3 bitkide yaprak alan indeksi (LAI) ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler dikimden olgunluk dönemine dek sürdürülmüştür. Kinoa bitkisinin gelişme dönemlerinin başlama ve bitiş tarihlerini belirlemede anılan bitkilere ve parsellerin genel durumlarına bakılarak karar verilmiştir. Tam sulanan I₁ konusuna ait kinoa bitkisinin her bir gelişme dönemine ulaşma süreleri ekimden sonraki gün sayısı (DAS) olarak Çizelge 1'de verilmiştir. Kinoa bitkisinin büyüme dönemi ilk yıl DAS-122, ikinci yıl ise DAS-116'da ulaşmıştır. Vejetatif dönemde konular arasında önemli farklar belirlenemezken, artan su stresi I₂, I₃ ve I₄ kısıntılı sulama düzeylerinde ve kuru konuda (I₅) daha kısa gelişim dönemi ile sonuçlanmıştır. Deneme konularında kinoa bitkisinin su tüketiminin belirlenmesinde aşağıda verilen 1 nolu su dengesi eşitliğinden yararlanılmıştır (Howell vd., 1990; Allen vd., 1998). Etkili kök derinliği 90 cm olarak alınmıştır.

Çizelge 1. Kinoa bitkisine ilişkin kimi gelişme dönemleri

Gelişme dönemi	Deneme yılı			
	2014	DAS	2015	DAS
Ekim	10.03.2014	0	16.03.2015	0
Çimlenme ve çıkış	20.03.2014	10	27.03.2015	12
Dikim	02.04.2014	23	07.04.2015	24
Erken vejetatif (bitki birkaç yapraklı olduğunda)	08.04.2014	29	13.04.2015	31
Geç vejetatif (bitki sapa kalktığında)	25.04.2014	46	01.05.2015	50
Çiçeklenme	26.05.2014	77	29.05.2015	79
Dane oluşumu (daneler görüldüğünde)	09.06.2014	91	12.06.2015	94
Olgunlaşma (hasat)	10.07.2014	122	03.07.2015	116

*DAS: Ekimden sonraki gün sayısı

$$ET = I + P - Dp - R \pm \Delta S \quad (1)$$

Eşitlikte; ET: bitki su tüketimi (mm); I: sulama suyu miktarı (mm); P: yağış (mm); Dp: derine sızma (mm); R: yüzey akış (mm); ΔS : kök bölgesinde toprak su içeriğinde değişim (dönem başı ile dönem sonu arasındaki depolama) farkıdır (mm). Konulara uygulanan sulama suyu miktarları, her bir parsel ortasına yerleştirilen ve yüksekliği bitki boyuna göre ayarlanabilen su toplama kaplarında biriken suyun dereceli silindire ölçülmesiyle belirlenmiştir. Su toplama kaplarının yüksekliği, bitki boyuna bağlı olarak 30 cm ile 120 cm arasında tutulmuştur (Şekil 2). Yağış değerleri deneme alanında bulunan iklim istasyonundan alınmıştır. Sulamalar laterale en yakın konuda (I_1) kinoa bitkisinde dört farklı gelişme döneminde eksik nemin tarla kapasitesine tamamlanması şeklinde yapıldığından ve her bir sulama düzeyleri arasında seddeler oluşturulduğundan derine sızma ve yüzey akış sıfır alınmıştır. Toplam su kullanım randımanı aşağıdaki 2 ve sulama suyu kullanım randımanı ise aşağıdaki 3 nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Howell, 2001; Cooper, 1983).

$$WUE = Y / ET \quad (2)$$

$$IWUE = (Y - Y_0) / I \quad (3)$$

Eşitliklerde; WUE: toplam su kullanım randımanı (kg m^{-3}); IWUE: sulama suyu kullanım randımanı (kg m^{-3}); Y: sulu koşullarda elde edilen verim (kg ha^{-1}); Y_0 : susuz koşullarda elde edilen verim (kg ha^{-1}); ET: bitki su tüketimi (m^3) ve I: uygulanan sulama suyu miktarı (mm)'dir. IWUE değerleri her bir konunun dane verimi ile susuz konudaki dane verimi farkının o konuya uygulanan toplam sulama suyu miktarına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Verim tepki etmeni (ky) değerleri Stewart eşitliğine dayanarak hesaplanmıştır ((Doorenbos ve Kassam, 1986).

$$[1 - (Y_a/Y_m)] = ky [1 - (ET_a/ET_m)] \quad (4)$$

Eşitlikte; Y_a : gerçek verim (kg ha^{-1}); Y_m : maksimum verim (kg ha^{-1}); ET_a : gerçek bitki su tüketimi (mm); ET_m : maksimum bitki su tüketimi (mm)'dir.

2.5. Ekonomik değerlendirme

Deneme sonuçlarının ekonomik analizi Kısmi Bütçeleme (Partial Budgeting) yönteminden yararlanılarak yapılmıştır. Yöntem yeni üretim tekniğinin ya da her hangi bir kararın yol açacağı ek faydalarla ek maliyetleri karşılaştırma esasına dayanmaktadır. Farklı sulama düzeylerinin verime etkileri araştırıldığından, sulama düzeylerinin yol açtığı verim farklılıklarının parasal değerleri, kuru koşullarda yapılan yetiştiriciliğe göre getirdiği ek maliyetlerle karşılaştırılmıştır. Her bir sulama konusu için net gelir ve sulama giderleri karşılaştırılmıştır. Marjinal verim hesabında her bir konudan elde edilen verim değeri ile susuz konudan elde edilen verim arasındaki fark alınmıştır. Tüm hesaplamalar 1 hektarlık birim alana göre yapılmıştır (Dağdelen vd., 2009; Sezen vd., 2017). Sulama masrafları; su ücreti, sulama işgücü giderleri ve sulama sisteminin amortisman ve bakım-onarım giderlerinden oluşmaktadır. Sulama işgücü giderleri sulamada kullanılan işgücü yevmiyesi ve toplam sulama süresi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Net gelir ise brüt üretim değerinden toplam değişen masraflar (sulama masrafları) çıkartılarak belirlenmiştir.

2.6. İstatistiksel analizler

Bulgular, Hanks vd. (1976) tarafından belirtilen çizgi kaynaklı yağmurlama sulama metoduna göre değerlendirilmiş ve uygulamalar arasındaki farklılıkların etkisini görebilmek için konular Fisher'in LSD testi ile kontrol edilmiştir ($p=0.05$).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kinoa bitkisine uygulanan sulama suyu, evapotranspirasyon (ET), su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım randıman (IWUE) değerleri

Kinoa bitkisinin deneme konularına göre belirlenen mevsimlik ET, uygulanan sulama suyu miktarı, verim, WUE ve IWUE değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Lateralden uzaklaştıkça uygulanan sulama suyu miktarı doğrusal olarak azalmıştır. Uygulanan sulama suyu 2014 yılında 97-344 mm, 2015 yılında ise 114-400 mm arasındadır. Susuz konuya dikimde uygulanan can suyu dışında sulama yapılmamıştır. Mevsimlik ET ilk yıl 320-514 mm, ikinci yıl ise 228-459 mm arasında değişmiştir. Toprak profilinde su stresi en çok susuz konuda (I_5) oluşurken, verimde önemli azalmalara neden olmuştur. Yazar vd. (2015) Adana'da yürütülen çalışmada ET değerlerini 247-576 mm arasında belirlemiştir. En yüksek ET değerleri tam sulama konusunda alınırken, azalan sulama düzeyine bağlı olarak ET değerleri azalmıştır.

3.2. Verim ve su kullanım randımanı

Konulara ilişkin kinoa dane verimleri Çizelge 2'de verilmiştir. Araştırmanın ilk yılında kinoa dane verimleri sulama düzeylerinde 3550-4880 kg ha⁻¹, ikinci deneme yılında ise 2860-4510 kg ha⁻¹ arasında değişmiştir. Susuz konuda (I_5) kinoa dane verimi yıllara göre 1430-1880 kg ha⁻¹ olarak belirlenmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre sulama düzeyi bakımından istatistiksel olarak %5 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. En yüksek verim 2014 ve 2015 yıllarında I_1 konusundan alınırken, susuz konuda en düşük verim değerleri saptanmıştır. Aşırı su stresinde bulunan I_4 sulama düzeyinde deneme yıllarına göre 97-114 mm sulama suyu uygulanmasına rağmen, kinoa dane verimleri 2860-3550 kg ha⁻¹'a ulaşmıştır. Danimarka'da Titicaca kinoa çeşidinde stressiz koşullarda elde edilen dane verimi 3300 kg ha⁻¹ (Razzaghi vd., 2011) iken; İtalya'da aynı kinoa çeşidi kullanılarak yapılan araştırmada verimin 1900 ile 3300 kg ha⁻¹ arasında değiştiği belirtilmiştir (Lavini vd., 2014). Farklı kinoa çeşitleri kullanılarak yapılan araştırmalarda ise Bolivya'da 3700 kg ha⁻¹ (Garcia vd., 2003); Şili'de 2600 kg ha⁻¹ (Martinez vd., 2009); Fas'ta ise

3300 kg ha⁻¹ (Hirich vd., 2014) verim elde edilmiştir. İtalya'da ekim zamanı ve çeşide bağlı olarak kinoa bitkisinden 1500 ile 3400 kg ha⁻¹ arasında dane verimi elde edildiği belirtilmiştir (Pulvento vd., 2010).

WUE değerleri arasında önemli farklar belirlenemezken, 2014'de 0.59-1.03 kg m⁻³, 2015'de ise 0.63-1.10 kg m⁻³ arasında değişmiştir. IWUE değerleri ise 2014'de 0.87-1.72 kg m⁻³, 2015'de ise, 0.77-1.25 kg m⁻³ arasında değişmiştir. Razzaghi vd. (2011), Danimarka'da yaptıkları çalışmada kinoa bitkisinin WUE değerlerinin 1.08 ile 1.26 kg m⁻³ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Çalışmada stressiz koşullarda yetiştirilen kinoa bitkisi ile kuraklık stresine maruz bırakılan kinoa bitkisinde hesaplanan WUE değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı ifade edilmiştir. İncekaya (2015), Adana'da kinoa bitkisinde yürütülen çalışmada WUE değerlerinin 0.46 ile 0.61 kg m⁻³ arasında değiştiğini belirtmiştir. Hirich vd. (2014), tam sulama yapılan ve %50 kısıntılı sulama yapılan kinoa bitkisinin WUE değerlerinin 1.2-1.7 kg m⁻³ arasında değiştiğini; %50 kısıntılı sulama konusunda WUE değerinin daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

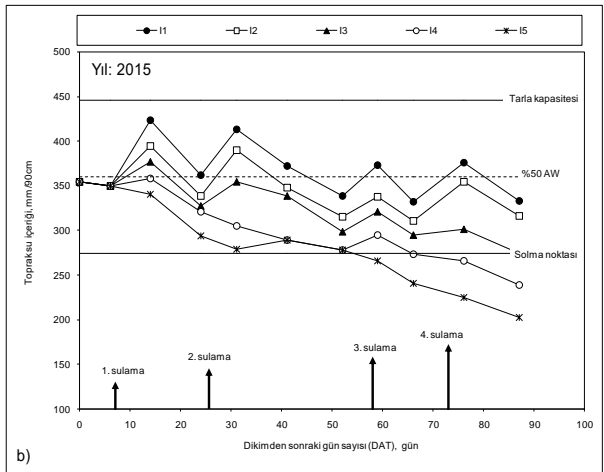
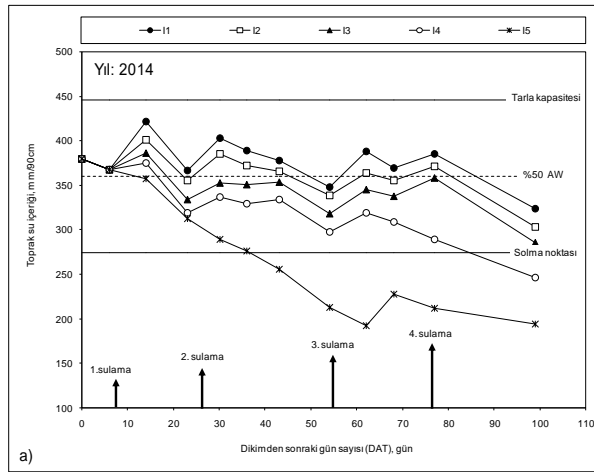
Kinoa bin dane ağırlığına ilişkin varyans analizi sonucunda; 2014 ve 2015 yılında sulama düzeyi bakımından istatistiksel olarak %5 hata düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır. Bin dane ağırlıkları 2014 yılında sulama düzeylerine bağlı olarak 2.6-3.6 g, 2015 yılında ise 2.1-3.5 g arasında değiştiği belirlenmiştir. Susuz konuda ise bin dane ağırlığı 1.8-2.4 g olarak ölçülmüştür. Koziol (1992), kinoada çeşide göre bin dane ağırlığının 1.9-4.3 g arasında geniş bir dağılım gösterdiğini, Lindeboom (2005) sarı tohumlu kinoa çeşitlerinde bin dane ağırlığının 3.6 g, beyaz renklilerde ise 4.1 g olduğunu, İncekaya (2010) ise Çukurova koşullarında kinoa bitkisinde bin dane ağırlığının 2.1-2.6 g arasında değiştiğini bildirmiştir. Delgado vd. (2009), Kolombiya'da 16 kinoa genotipi üzerinde yapmış oldukları çalışmada bin dane ağırlığının 2.5 ile 3.4 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

3.3. Toprak su içeriği

Araştırmada toprak suyu gözlemleri dikim tarihinden hasada dek sürdürülmüştür. Toprak profilinin 90 cm derinliğinde konulara ait toprak

Çizelge 2. Konulara göre uygulanan toplam sulama suyu, ET, verim, WUE ve IWUE ve bin dane ağırlığı değerleri

Yıl	Sulama düzeyi	Verim (kg ha ⁻¹)	ET (mm)	Sulama (mm)	WUE (kg m ⁻³)	IWUE (kg m ⁻³)	Bin dane ağırlığı (g)
2014	I ₁	4880 a	514	344	0.95	0.87	3.6 a
	I ₂	4420 b	457	266	0.97	0.95	3.4 a
	I ₃	4100 b	401	193	1.02	1.15	3.1 b
	I ₄	3550 c	345	97	1.03	1.72	2.6 c
	I ₅	1880 d	320	20	0.59	-	2.4 d
2015	I ₁	4510 a	459	400	0.98	0.77	3.5 a
	I ₂	4240 b	385	309	1.10	0.91	3.2 b
	I ₃	3610 c	332	214	1.09	1.02	2.7 c
	I ₄	2860 d	267	114	1.07	1.25	2.1 d
	I ₅	1430 e	228	15	0.63	-	1.8 e



Şekil 3a-b. Konulara ait 2014 (a) ve 2015 (b) yıllarına ait toprak su içeriğinin zamana göre değişimi

su içeriğinin zamana göre değişimi Şekil 3a-b'de verilmiştir. Konulara ilişkin toprak profilinde su içeriği susuz konu dışında tarla kapasitesi (446 mm) ile solma noktası (274 mm) arasında değişmiştir. Dikim sonrası parsellerde fidelerin tutumunu sağlamak ve yeknesak bitki gelişimi sağlamak amacıyla tüm deneme konularına 2014 yılında 20 mm, 2015 yılında ise 15 mm eşit su uygulanmıştır. Konulu sulamalar kinoa bitkisinin gelişme dönemlerine göre yapılmıştır. Birinci deneme yılında ilk sulama 08.04.2014 tarihinde başlanmış ve 09.06.2014 tarihinde sulamalara son verilmiştir. İkinci deneme yılında ise 13.04.2015 tarihinde başlanmış ve 12.06.2015 tarihinde sulamaya son verilmiştir. Drenaj kanalından yapılan sulamalarda I₁ ve I₂ konularında mevsim boyunca daha yüksek nem değerleri gözlenirken, diğer konular kullanılabilir nemin %50 düzeyi altında yer almıştır (Şekil 3a). Hasada doğru tüm konularda nem içeriği %50 kullanılabilir nemin altında yer almıştır. Kinoa bitkisi kuraklığa dayanıklı bitki olarak bilinse de, artan sulama düzeyi ile verimde önemli artışlar sağlanmıştır. I₄ ve I₅ (susuz)

konularında mevsim sonunda toprakta su içeriği değerleri solma noktası altına düşmüştür (Şekil 3 a-b).

3.4. Toprak tuzluluğu

Her iki deneme yılında kullanılan drenaj suyu C₃S₁ sınıfında olup, tuzluluk yönünden herhangi bir negatif etki yaratmamıştır. Diğer araştırmacılar (Quispe ve Jacobsen, 1999; Bosque Sanchez vd., 2003) kinoa bitkisinin sulama suyu tuzluluğuna tepkisini belirlemeye çalışmışlar ve 20 dS m⁻¹ değere sahip sulama sularının kinoa dane verimi ve kuru madde miktarında tuzluluk bakımından olumsuz bir etki yapmadan kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Kimi kinoa çeşitleri ise halofit bir bitki gibi sulama suyu tuzluluğunun 40 dS m⁻¹ olduğu koşullarda dahi üretimi söz konusu olmaktadır (Jacobsen vd., 2003; Hariadi vd., 2011; Adolf vd., 2013). Drenaj suyunun kullanıldığı farklı sulama düzeylerinde ve susuz konuda deneme başlangıcında diğer bir deyişle dikimde ve hasatta deneme parsellerinden 0-30, 30-60 ve

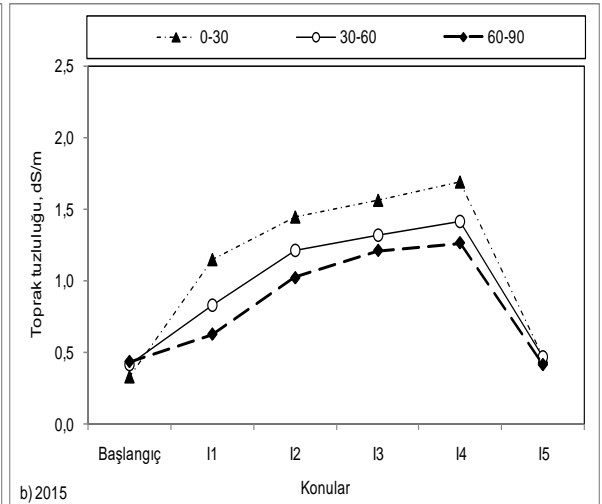
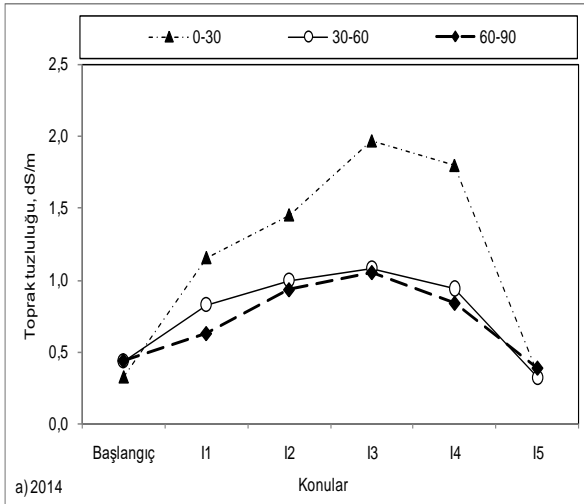
60-90 cm derinliklerden topraktaki tuz birikimi izlenmiştir. Uygulanan drenaj suyu tuzluluğuna bağlı olarak toprak tuzluluğunda değişim ve çamur süzüğü elektriksel iletkenlik (ECe) değerleri Şekil 4a-b'de verilmiştir. Deneme alanı topraklarının başlangıç tuzluluk değerleri deneme yıllarında 0.32 ile 0.33 dS m⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Hasat döneminde toprakta ECe değerleri artış gösterirken, 2014 yılında en yüksek ECe I₃ konusunda 1.97 dS m⁻¹, 2015 yılında ise 1.69 dS m⁻¹ olarak I₄ konusunda ölçülmüştür. Susuz konuda (I₅) 2014 ve 2015 deneme yıllarında toprağın ECe değerlerinde herhangi bir sulama uygulaması yapılmadığı için değişim gözlenmemiştir (Şekil 4a-b).

Tuzlu sulama suyu uzun süre kullanılması durumunda toprakta denge şartlarına ulaşmakta ve toprak tuzluluk profili derinlikle artış göstermektedir. Ancak, birkaç yıllık tuzlu su kullanımlarında denge şartlarına ulaşılmadığı için üst toprak profilinde tuz değerleri daha yüksek olurken, derinlikle azalma göstermektedir. Bu çalışmada da benzer durum söz konusudur. Tüm sulama konularında toprağın ECe değerleri artış göstermiştir. Buradan kullanılan drenaj suyunun deneme yıllarında düşük ECe değerleri (1.05-1.58 dS m⁻¹) içerdiğinden kinoa gibi yüksek tuzluluk toleranslı bitkilerde verim kaybına neden olmadan, sulama amaçlı kullanılabileceği belirlenmiştir. Kış yağışları kök bölgesindeki toprakta bulunan tuzu yıkayarak, profile tuzun birikimini engellemekte ve gelecek dönem için önemli bir tuzluluk sorunu oluşmamaktadır. Çukurova bölgesinde ortalama yıllık yağış 650

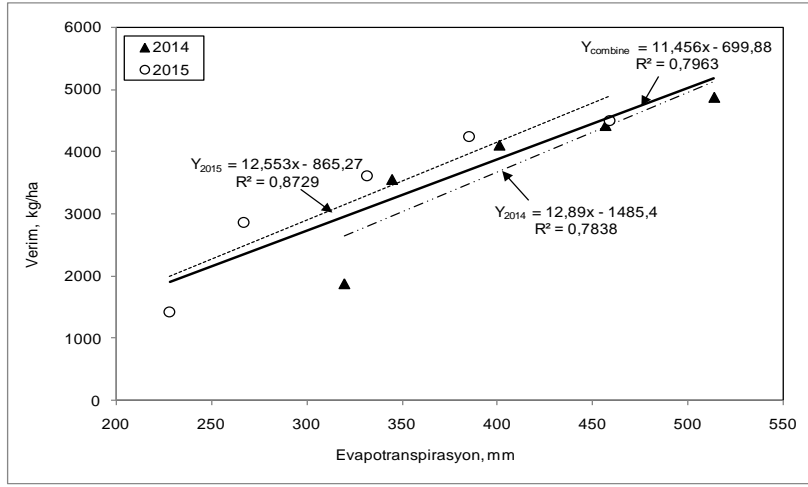
mm olup, %65'i kış aylarında düşmektedir. Etkili bir drenaj sistemi kurularak toprak profilindeki tuz yığılmasını bölgeden uzaklaştırılabilir (Yazar vd., 2000). Yeterli tatlı su kaynağının bulunduğu alanlarda tuzlu su kullanılması önerilmez. Tuzun toprak yüzeyinde yığılması kurak ve yarı kurak bölgelerde özellikle düşük kalite sulama suyunun kullanıldığı durumlarda temel karakteristik özelliğidir (Yazar vd., 2015).

3.5. Kinoa'da bitki su tüketimi (ET)-verim ilişkileri (Y)

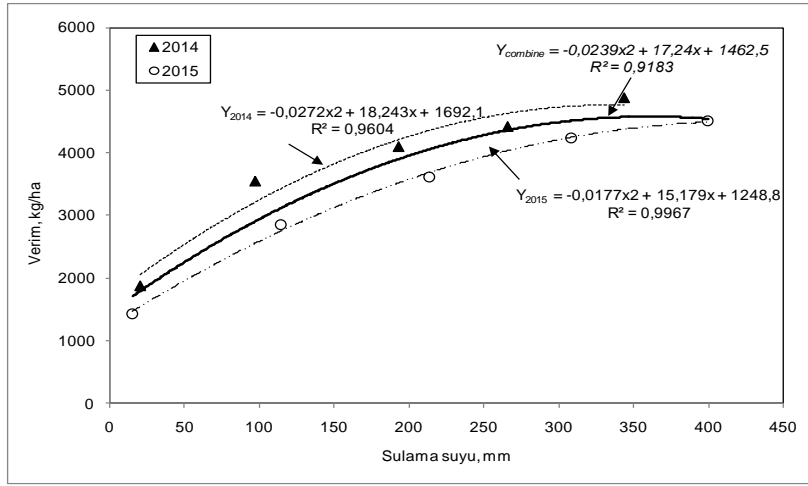
Kinoa'da bitki su tüketimi (ET) ile dane verimi (Y) arasında her iki deneme yılında da doğrusal önemli ilişkiler belirlenmiştir (R²=0.78 ve 0.87) (Şekil 5). Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça bitki su tüketimi de azalmıştır. Bitki su tüketimindeki bu düşüşle doğru orantılı olarak dane veriminin de azaldığı görülmüştür. Benzer sonuçlar Adana'da İncekaya (2015), tarafından belirlenmiştir. Sulama suyu (I) ile verim (Y) arasında ikinci dereceden önemli ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 6). Çeşitli araştırmalarda da kinoa veriminin bitki kök bölgesindeki su eksikliğinden negatif olarak etkilendiği belirtilmiştir (Geerts vd., 2008 a,b; Lavini vd., 2014). Verim tepki etmeni (ky) değerleri 2014 ve 2015 deneme yıllarında belirlenerek Şekil 7'de verilmiştir. Doorenbos ve Kassam (1986) şekerpancarı ve yonca bitkilerinde olduğu gibi kinoa bitkisinde belli oranda su stresine doğrusal tepki gösterirken, belli sınır değerinde sonra su stresine duyarlılığı artmıştır.



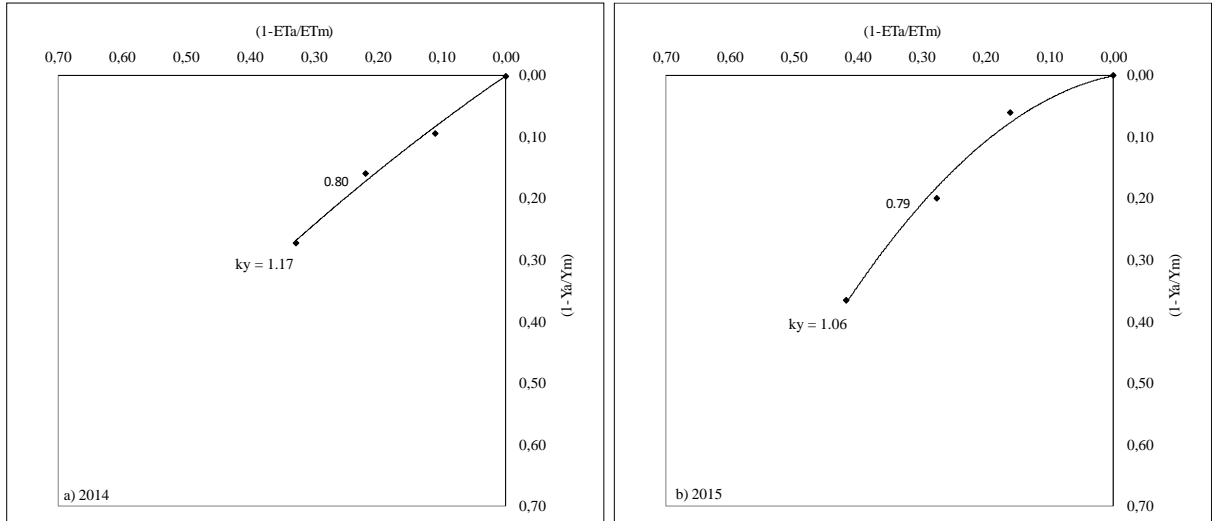
Şekil 4a-b. Deneme konularına ilişkin başlangıç ve hasattaki toprağın farklı katmanlarda elektriksel iletkenlik (ECe) değerleri



Şekil 5. Kinoa bitkisinde dane verimi-su tüketimi (ET) ilişkisi



Şekil 6. Kinoa bitkisinde sulama suyu-dane verimi ilişkisi



Şekil 7. Deneme yıllarına ilişkin verim tepki etmenleri (ky) (2014, 2015)

2014 yılında oransal su tüketimi 0.33 değerine kadar $ky=0.80$ bulunurken, bu noktadan sonra bitkinin su stresine duyarlılığı artmış ve mevsimlik $ky=1.17$ değeri bulunmuştur. 2015 deneme yılında ise ilk deneme yılına benzer olarak oransal su tüketimi 0.36 değerine kadar $ky=0.79$ belirlenirken, bu noktadan sonra artan su stresi ile bitkinin duyarlılığı artmış ve mevsimlik $ky=1.06$ değeri belirlenmiştir (Şekil 7). [İncekaya \(2015\)](#), Adana'da yetiştirilen kinoa bitkisi için ky değerini 0.96 olarak belirlemiştir. [Garcia \(2003\)](#) tarafından Bolivya'nın Altiplano bölgesinde yetiştirilen kinoa bitkisi için ky değerini 0.67 olarak hesaplamışlardır.

3.6. Kinoa bitkisinde yaprak alan indeksi (LAI)

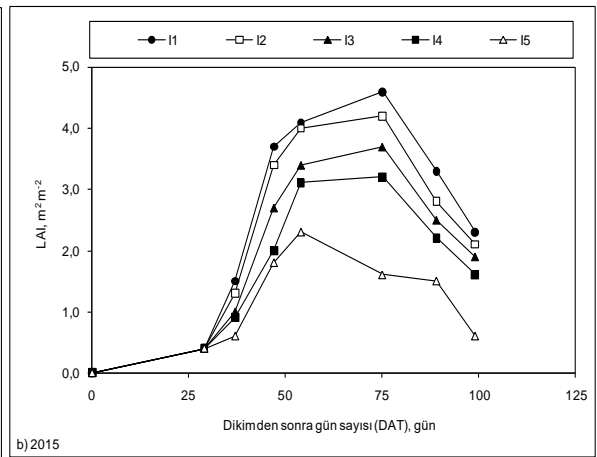
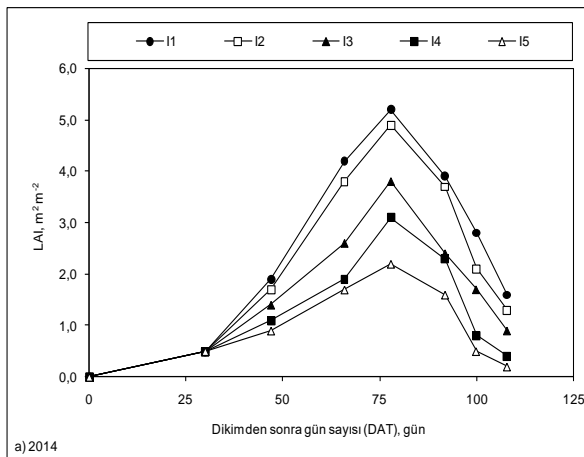
Araştırma süresince alınan bitki örneklerinde yaprak alan indeksi (LAI) hesaplanmıştır. Konulara ilişkin LAI'nin zamansal değişimleri 2014 ve 2015 yılı için Şekil 8a-b'de verilmiştir. Maksimum LAI değerleri genel olarak 2014 yılında kinoa bitkisinin çiçeklenme döneminde (DAS 77) 2.2-5.7 arasında değişmiştir (Şekil 8a). Kontrol konusunu oluşturan susuz parsellerde en düşük LAI değerleri ölçülmüştür. Araştırmada en yüksek yaprak alan indeksi stressiz koşullarda ölçülürken su ve tuz stresi arttıkça LAI değerleri de düşmüştür. Yoğun su stresinin olduğu I_4 ve susuz (I_5) konusu en düşük LAI değerlerinin ölçüldüğü konular olmuştur. Yaprak genişlemesinin sınırlandırılması ve yaprakların sararıp dökülerek yaprak alanının azaltılması bitkilerde su stresine yanıt vermek için aktifleşen mekanizmalardır ([Taiz ve Zeiger, 2008](#)).

Çalışmada tuzlu su ile sulama ve kısıntılı sulama konularında ölçülen düşük LAI değerleri, kinoa bitkisinin stres koşullarına alışma mekanizmalarından biri olarak yaprak alanını düşürdüğü şeklinde değerlendirilebilir.

[Jensen vd. \(2000\)](#), kinoa bitkisinin yapraklarını dökerek yaprak alanını düşürmesi ile kuraklığın negatif etkilerinden korunduğu ifade etmiştir. [Lavini vd. \(2014\)](#), kanal suyu veya 30 dS m^{-1} tuzlu su ile tam sulama yapılan kinoa bitkisinde LAI değerini 2.8 olarak ölçmüşler; kuru koşullarda ise yaprak alan indeksinin en düşük değerde olduğunu belirtmişlerdir. [İncekaya ve Yazar \(2009\)](#), Adana'da yaptıkları çalışmada kinoa bitkisinin yaprak alan indeksinin 2.8 ile 4.5 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. İkinci deneme yılında ise maksimum LAI değerleri genel olarak 2.3-5.0 arasında değişmiş ve maksimum LAI değerleri ilk deneme yılına benzer olarak kinoa bitkisinin çiçeklenme döneminde ulaşılmıştır (DAS 79) (Şekil 8b).

3.7. Ekonomik analiz

Sulama dışındaki tüm masraf unsurları her iki yetiştiricilikte (kuru ve sulu kinoa) de sabit tutulduğundan ek masraflar yalnızca sulama ile ilgili olmuştur. Her bir sulama konusu için 2014 ve 2015 yılı brüt üretim değerleri ve toplam değişen masrafların ortalamaları alınarak yapılan hesaplamalar Çizelge 3'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Deneme konuları, elde edilen net gelir ile sulama giderleri yönünden karşılaştırılmıştır (Çizelge 3). Marjinal verim hesabında her bir konudan elde edilen verim değeri ile susuz konudan elde edilen verim arasındaki fark alınmıştır.



Şekil 8 a-b. Deneme konularında yaprak alan indeksinin (LAI) zamana göre değişimi

Çizelge 3. Kinoa bitkisinde drenaj suyu ile sulanan farklı sulama düzeylerinin ekonomik analizi

Parametreler	Konular				
	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅
Sulama suyu (mm) (1)	372	288	204	106	0.0
Sulama suyu (m ³ ha ⁻¹) (2)	3720	2875	2035	1055	0.0
Sulama süresi (h) (3)	14.9	11.5	8.2	4.3	0.0
Sulamada işgücü gideri (\$ h ⁻¹) (4)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Toplam sulama işgücü gideri (\$) (5) (3x4)	44.7	34.5	24.5	12.8	0.0
Su fiyatı (\$ m ⁻³) (6)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Su ücreti (\$ ha ⁻¹) (7) (2x6)	372	288	204	106	0.0
Sulama sistem gideri (1 ha) (\$ ha ⁻¹) (8)	5500	5500	5500	5500	5500
Amortisman ve bakım-onarım giderleri (\$ ha ⁻¹) (9) (8/6 yıl)	550	550	550	550	550
Toplam değişen masraflar (\$ ha ⁻¹ yıl ⁻¹) (10) (5+7+9)	967	872	778	668	550
Verim (kg ha ⁻¹) (11)	4695	4330	3855	3205	1655
Marjinal verim (kg ha ⁻¹) (12)	3040	2675	2200	1550	0.0
Kinoa satış fiyatı (\$ kg ⁻¹) (13)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Brüt üretim değeri (\$ ha ⁻¹ yıl ⁻¹) 14 (11x13)	14085	12990	11565	9615	4965
Net gelir (\$ ha ⁻¹ yıl ⁻¹) 15 (14-10)	13118	12118	10787	8947	4415
Marjinal gelir (\$ ha ⁻¹ yıl ⁻¹) (16) (12x13)	9120	8025	6600	4650	0.0

Sonuçta, 2014 ve 2015 yılında en yüksek net gelir; en yüksek sulama masrafının yapıldığı, ancak verimden dolayı en yüksek brüt üretim değerinin elde edildiği tam sulama konusundan (I₁) alınmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışmanın temel amacı Çukurova bölgesinde kinoa bitkisinin değişik gelişme dönemlerinde (erken vegetatif, geç vegetatif, çiçeklenme ve dane dolmuş) çizgi kaynaklı yağmurlama yöntemiyle farklı düzeylerde uygulanan drenaj suyunun kinoa bitkisinin vejetatif gelişimi, verim, WUE ve bitki kök bölgesindeki tuz birikimi üzerine etkilerinin araştırılması; farklı sulama düzeylerinde elde edilecek verim ve verim bileşenlerinin belirlenmesidir. Sulama düzeyleri su tüketimini, verim ve verim bileşenlerini istatistiksel anlamda %1 önem seviyesinde etkilemiştir. En yüksek verimler her iki deneme yılında laterale en yakın I₁ konusundan (4880-4510 kg ha⁻¹) alınırken, susuz konuda ise her iki yılda da en düşük verim değerleri alınmıştır (1880 ve 1430 kg ha⁻¹). Kinoa bitkisi su ihtiyacının yaklaşık olarak %35'inin kesildiği noktaya kadar su stresine karşı toleranslı davranmış ve verim tepki etmeni $ky=0.80$ bulunmuştur. Kinoa bitkisi su ihtiyacının %35'in üzerinde kısıntı yapılması durumunda bitkinin su stresine karşı duyarlılığı giderek artmış ve verim tepki etmeni ortalama $ky=1.10$ değerine çıkmıştır. Bu nedenle kinoa bitkisi sulamalarında kısıntı yapma zorunluluğu koşullarında tüm mevsim boyunca bu oran %35'i aşmamalıdır. Her bir gelişme döneminde

kısıntılı sulama uygulamaları (I₂, I₃ ve I₄) kinoa dane ağırlığında önemli azalmalara neden olmuştur. Buradan su kıtlığının söz konusu olmadığı durumda kısıntılı sulama önerisi yapmak doğru olmayacaktır. Ancak, 1.6 dS m⁻¹'in altında tuzluluğa sahip drenaj suları yağmurlama sulama ile kinoa bitkisinin sulanmasında sorun oluşturmadan kullanılabilir. Ayrıca, bu bölgede kış yağışları toprak profilinde tuzların yıkanmasında oldukça önemli rol oynamakta ve bir sonraki dönemde tuzluluk bakımından bir sorun yaratmamaktadır. Toprak tuzluluğu ilk 30 cm'de dikimde 0.7 dS m⁻¹ iken, hasatta anılan değer 1.69 dS m⁻¹ ulaşmıştır. Toprak tuzluluğu değerleri artan derinlikle azalma göstermiştir. Kinoa dane verimi ile ET arasında önemli ilişkiler elde edilmiştir. Sonuçta, daha yüksek verim ve WUE için kinoa bitkisinin dört farklı gelişme döneminde (erken vejetatif, geç vejetatif, çiçeklenme ve dane dolmuş) toprak profilinde eksik nemin tarla kapasitesine tamamlanması gerekmektedir. Drenaj suları tuza dayanıklı bitki türlerinde çevresel yükten ekonomik bir varlığa dönüştürülmesi potansiyeli ile sürdürülebilir olabilir. Böyle bir strateji ile drenaj sularını ana sulama kanallarına, yerel akıntılara veya nehirlere deşarj yoluyla iletmek yerine, bulunduğu bölgede sulamaya kazandırılabilir. Ekonomik ve çevresel olarak sürdürülebilir olmak için bu stratejiler, tuzdan etkilenen toprakların bulunduğu ve tuzlu drenaj sularının olduğu bölgelerde gelecekteki tarımsal ve ekonomik büyüme ve sosyal refahın anahtarı olabilir. Sonuç olarak, Birleşmiş Milletler Gıda Örgütü (FAO) tarafından 21. yüzyılın potansiyel ürünü olarak belirlenen kinoa bitkisi gıda

güvenliğinin sağlanması için yarı kurak ve kurak alanlarda drenaj suyu kullanılarak kabul edilebilir verim elde edilebilir. Ekonomik değerlendirmede 2014 ve 2015 yıllarında marjinal gelirler I_1 sulama düzeyinden, diğer bir deyişle tam sulama konusundan alınmıştır. Azalan sulama suyu miktarına bağlı olarak marjinal gelir değerleri düşmüştür. Su kıtlığı olması durumunda sulama suyunda yaklaşık %20-25 kısıntı yapılması (I_2 konusu) ile kabul edilebilir marjinal verim sağlanabilir.

Teşekkür

Bu çalışma Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından desteklenen ve sonuçlanan TAGEM-BB-090201C3 No'lu proje sonuç raporundan hazırlanmıştır. Bu kapsamda finansal desteğinden dolayı TAGEM'e ve çalışmada emeği geçenlere teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Adolf, V.I., Jacobsen, S.E., & Shabala, S. (2013). Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environmental and Experimental Botany*, 92(2013):43–54.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M., (1998). Crop Evapotranspiration. Guide-Lines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No.56, Rome, Italy.
- Ayers, R.S., & Westcot, D.W. (1989). Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No.29, Rome, Italy.
- Bosque Sanchez, H., Lemeur, R., Van Damme, P., & Jacobsen, S.E. (2003). Ecophysiological analysis of drought and salinity stress of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19: 111–119.
- Cooper, P.J.M., (1983). Crop management in rainfed agriculture with special reference to water use efficiency. Proc. 17th Coll. Int. Poath Inst., Bern, pp. 63-79.
- Corwin, D.L., Lesch, S.M., Oster J.D., & Kaffka, S.R. (2008). Short-term sustainability of drainage water reuse: Spatio-temporal impacts on soil chemical properties. *Journal of Environmental Quality*, 37(5 suppl):8-24.
- Çiftçi, N., Kara, M., Yılmaz, M., & Ugurlu, N., (1995). Konya ovasında drenaj suları ile sulanan arazilerde tuzluluk ve sodyumluluk sorunları. 5. *Ulusal Kültürteknik Kongresi*, s: 471-481.
- Dağdelen, N., Başal, H., Yılmaz, T., & Akçay, S. (2009). Different drip irrigation regimes affect cotton yield, water use efficiency and fiber quality in Western Turkey. *Agricultural Water Management*, 96(1):111-120.
- Delgado, P.A.I., Palacios, C.J.H., Betancourt, G.C. (2009). Evaluación de 16 Genotipos de Quinoa Dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Municipio de Iles, Nariño, Colombia. *Journal of Agronomia Colombiana*, 27(2):159-167.
- Díaz, F.J., Benes, S.E., & Grattan, S.R. (2013). Field performance of halophytic species under irrigation with saline drainage water in the San Joaquin Valley of California. *Agricultural Water Management*, 118(2013):59- 69.
- Doorenbos, J., & Kassam, A.H. (1986). Yield Response to Water, FAO Irrigation and Drainage Paper 33, Rome, p. 193.
- Garcia, M. (2003). Agroclimatic study and drought resistance analysis of quinoa for an irrigation strategy in the Bolivian Altiplano. Dissertationes de Agricultura 556. Faculty of Applied Biological Sciences, Leuven, Belgium.
- 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.
- Hanks, R.J., Keller, J., Rasmussen, V.P., & Wilson, G.D. (1976). Line-source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. *Soil Science Society of American Journal*, 40(3):426-429.
- Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S.E., & Shabala, S. (2011). Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plant grown at various salinity levels. *Journal of Experimental Botany* 62(1):185-193.
- Hirich, A., Choukr-Allah, R., & Jacobsen, S.E. (2014). Deficit irrigation and organic compost improve growth and yield of quinoa and pea. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200(5):390-398.
- Howell, T.A., Cuenca, R.H., & Solomon, K.H. (1990). Crop yield response. In: Hoffman, et al. (Eds.), *Management of Farm Irrigation Systems*. ASAE, p. 312.
- Howell, T.A. (2001). Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal*, 93(2):281-289.
- İncekaya, Ç., & Yazar, A. (2009). Su ve tuz stresinin quinoa bitkisinin verimine etkileri ve SALTMED modelinin test edilmesi. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*, Kahramanmaraş.
- İncekaya, Ç. (2010). Akdeniz bölgesinde damla sistemiyle tatlı ve tuzlu su kullanılarak uygulanan farklı sulama stratejilerinin quinoa bitkisinin verimiyle toprakta tuz birikimine etkileri ve SALTMED modelinin test edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- İncekaya, Ç. (2015). Akdeniz koşullarında farklı tuzluluk ve sulama düzeylerinde quinoa

- (*Chenopodium quinoa* Wild.) bitkisinin verim fizyolojik tepkilerinin araştırılması ve Saltmed modelinin test edilmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana
- Jacobsen, S.E., Mujica, A., & Jensen, C.R. (2003). The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa*) to adverse abiotic factors. *Food Reviews International*, 19(1-2): 99-109.
- Jacobsen, S.E., Monteros, C., Christiansen, J.L., Bravo L.A., Corcuera, L.J., & Mujica, A. (2005). Plant responses of quinoa to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy*, 22(2):131-139.
- Jensen, C.R., Jacobsen, S.E., Andersen, M.N., Nunez, N., Andersen, S.D., Rasmussen, L., & Mogensen, V.O. (2000). Leaf gas exchange and water relations of field quinoa during soil drying. *European Journal of Agronomy*, 13(2013):11-25.
- Koziol, M.J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1):35-68.
- Lavini, A., Pulvento, C., D'Andria, R., Riccardi, M., Choukr-Allah, R., Belhabib, O., Yazar, A., Ince Kaya, Ç., Sezen, S.M., Qadir, M., & Jacobsen, S.E. (2014). Quinoa's potential in the Mediterranean region. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200(5):344-360.
- Lindeboom, N. (2005). Studies on the characterization, biosynthesis and isolation of starch and protein from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). PhD Thesis, University of Saskatchewan, Canada.
- Martinez, E.A., Veas, E., Jorquera, C., San Martin, R., & Jara, P. (2009). Re-Introduction of quinoa into arid Chile: cultivation of two lowland races under extremely low irrigation. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195(1):1-10.
- Oster, J.D., & Grattan, S.R. (2002). Drainage water reuse. *Irrigation and Drainage Systems*, 16(4):297-310.
- Qadir, M., & Oster, J.D. (2004). Crop and irrigation management strategies for saline sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Science of the Total Environment*, 323(1-3):1-19.
- Quispe, H., & Jacobsen, S.E. (1999). Tolerancia dela quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.) a la salinidad. In 'Primer Taller Internacional sobre Quinoa: Recursos Genéticos y Sistemas de Producción'. 10–14 May, UNALM, Lima, Peru. (Eds Libro de Resúmenes, SE Jacobsen, A Valdez) p. 131.
- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., D'andria, R., lafelice, G., & Marconi, E. (2010). Field trial evaluation of two *Chenopodium quinoa* genotypes grown under rain-fed conditions in a typical Mediterranean environment in South Italy. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196(6):407-411.
- Razzaghi, F., Plauborg, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., & Andersen, M.N. (2011). 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(2012):20-29.
- Sezen, S.M., Yazar, A., Özer, S., Akça, H., Yıldız, M., Günaçtı, H., Çolak, Y., & Madanoğlu, O. (2017). Effects of fresh and drainage water applied with line source sprinkler system on quinoa yield, yield components and water use efficiency. Ministry of Agriculture, General Directorate of Agricultural Research and Policies, Department of Soil and Water Resources Research Unit, Project No: TAGEM-TSK/13/A13/P-02/05, Final report, 116p, Ankara.
- Taiz, L., & Zeiger R.E. (2008). Bitki Fizyolojisi. (Çeviri Editörü: İ. Türkan). Palme Yayıncılık, 690 s.
- Tekinel, O., Yazar, A., Cevik, B., & Kanber, R. (1989). Ex-post evaluation of the lower seyhan project in Turkey. In: Rydzewski, J.R., Ward, C.F. (Eds.), *Irrigation Theory and Practice*. Pentech Press, London, pp. 145–152.
- Yazar, A., Yarpuzlu, A., & Sezen, S.M. (2000). Irrigation cotton and wheat with drainage water in the Mediterranean region of Turkey. *Acta Horticulturae*, 573:331-338.
- Yazar, A., Incekaya, C., Sezen, S.M., & Jacobsen, S.E. (2015). Saline water irrigation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under Mediterranean conditions. *Crop and Pasture Science*, 66(10):993-1002.
- Yurtseven, E., Çakmak, B., Kesmez, D., & Polat, H.E. (2010). Tarımsal atık suların sulamada yeniden kullanılması. *Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, s:135-154.