



## Sulama Suyu Bor Kapsamları ile Kırmızı Biber Bitkisinin Verim ve Kalite Karakteristikleri Arasındaki İlişkiler

Ahmet TURHAN<sup>1\*</sup>, Hayrettin KUŞÇU<sup>2</sup>

**Öz:** Bu çalışma, farklı düzeylerde bor içeren sulama sularının (kontrol, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5 mg L<sup>-1</sup>) kırmızı biberin verim ve bazı kalite özellikleri üzerine etkilerini saptamak amacı ile sera koşullarında yürütülmüştür. Meyve verimleri, artan sulama suyu bor konsantrasyonlarından önemli oranda etkilenmiştir. Verim parametresi olarak değerlendirilen toz biber ve yaş meyve verimleri, sırasıyla bor konsantrasyonlarının 1.5 ve 2.5 mg L<sup>-1</sup> kadar yükselmesinden etkilenmemiş, ancak bu düzeylerden sonra artan bor miktarları verim parametrelerini önemli ölçüde düşürmüştür. En yüksek bitki boyu ( $\leq 2.5$  mg L<sup>-1</sup>), bitki yaş ( $\leq 1.5$  mg L<sup>-1</sup>) ve kuru ağırlığı ( $\leq 2.5$  mg L<sup>-1</sup>) düşük düzeyde bor içeren sulama suyu ile sulanmış bitkilerden elde edilmiştir. Ortalama meyve ağırlığı, meyve genişliği ve boyu gibi verim bileşenleri üzerinde yapılan incelemeler, bor uygulamalarının bu karakteristikleri önemli derecede etkilediğini göstermiştir. Bu etkiler 2.5 mg L<sup>-1</sup> üzerinde bor içeren uygulamalarda olumsuz yönde gelişmiştir. Buna karşın, sulama suyu bor düzeylerindeki artış; meyvede suda çözünür kuru madde içeriği üzerinde etkili olmuş ve sulama suyu bor miktarı yükseldikçe artış kaydedilmiştir. Diğer meyve karakteristiklerinden dış kabuk parlaklığı ve sarı renk tonu ile bor uygulamaları arasında istatistikiyönde önemli ilişki bulunamamıştır. Buna karşın, 4.5 mg L<sup>-1</sup> üzerinde artan sulama suyu bor konsantrasyonları kırmızı renk tonunun azalmasına ve daha açık kırmızı meyve kabuk rengi oluşmasına sebep olmuştur. Elde edilen sonuçlar tümü ile incelendiğinde, biber yetiştiriciliğinde kullanılacak sulama suyu kalitesinin önemli olduğu ve 2.5 mg L<sup>-1</sup>'nin altında bor içeren sulama sularının üretici için önerilebilir uygulama olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bor toksitesi, kırmızı biber, toz biber verimi, yaş meyve verimi.

\* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>1</sup>Ahmet TURHAN, Bursa Uludağ Üniversitesi, Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bursa, Türkiye, turhan@uludag.edu.tr, [OrcID: 0000-0002-1976-8082](https://orcid.org/0000-0002-1976-8082)

<sup>2</sup> Hayrettin KUŞÇU, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, kuscu@uludag.edu.tr, [OrcID: 0000-0001-9600-7685](https://orcid.org/0000-0001-9600-7685)

## Relationships between the Irrigation Water Boron Contents and the Yield and Quality Characteristics of Red Pepper

**Abstract:** This study was carried out with the purpose of determining the effects of the irrigation waters containing different levels of boron (control, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5 mg L<sup>-1</sup>) on the yield and some quality characteristics of spice red pepper under the greenhouse conditions. The fruit yields were significantly affected by the increased boron concentrations in the irrigation water. The powdered pepper yield and fresh fruit yield, considered as the yield parameters, were not affected by the increased boron concentrations up to 1.5 and 2.5 mg L<sup>-1</sup>, respectively; however, the increasing irrigation water boron levels above these levels significantly reduced the yield parameters. Among the growth parameters, the highest values for the plant height ( $\leq 2.5$  mg L<sup>-1</sup>), plant fresh ( $\leq 1.5$  mg L<sup>-1</sup>) and dry weight ( $\leq 2.5$  mg L<sup>-1</sup>) were obtained from the plants irrigated with the low-boron-content water. The yield components such as the average fruit weight, fruit width and height were also examined and it was found that the boron applications significantly affected these characteristics. The applications containing boron over 2.5 mg L<sup>-1</sup> had negative effects on these parameters. The increase in the irrigation water boron levels affected the water soluble dry matter content in the fruit and it increased as the irrigation water boron content increased. There was no statistically significant relationship between the boron applications and other fruit characteristics such as fruit skin brightness and yellow tone. However, the irrigation water boron concentrations above 4.5 mg L<sup>-1</sup> resulted in a decrease in the red tone, that is, a lighter red fruit outer shell color. When the results were analyzed as a whole, it was found that the quality of irrigation water was important in pepper cultivation and the irrigation water containing boron concentration below 2.5 mg L<sup>-1</sup> was recommended for the producers.

**Keywords:** Boron toxicity, red pepper, powder fruit yield, fresh fruit yield.

### Giriş

Bor, kültür bitkilerinin gelişimlerini tamamlamaları ve kaliteli ürün verebilmeleri için gerekli bir mikro besin elementidir. Borun bitkiler için optimum ve toksik düzeyleri arasındaki fark az olduğundan bitkilerin bor toksitesi ve yarayışlılığını ayarlamak oldukça güçtür (Harite, 2008; Siddiqui ve ark., 2013). Eksikliği bitki büyümesinin yavaşlamasına, yapraklarda kloroz, sarı-kırmızı renk oluşumu, şekil bozukluklarına, çiçek ve meyve oluşumunun engellenmesine yol açar (Dorak ve ark., 2019). Bor toksitesi dünyanın hemen her yerinde kurak ve yarı kurak bölgelerin tarım topraklarında bitki yetiştiriciliğini sınırlayan bir beslenme sorunudur. Toksik etkileri; yaprak ve kök hücre bölünmesinde azalma, düşük stomaliletkinlik, azalan kök ve sürgün gelişimi, yapraklarda klorofilin azalması ve fotosentezin engellenmesi, yapraklarda sararma ve dökülme gibi

fizyolojik etkiler şeklinde kendini göstermekte ve verimde azalma gözlenmektedir (Demirtaş, 2005; Reid, 2007; Tanaka ve Fujiwara, 2007).

Dünyanın kurak ve yarı-kurak bölgelerinde yüksek bor içeriği, tarımsal üretimi olumsuz etkileyen önemli bir sorundur. Özellikle bor madenlerine yakın olan bölgelerde akarsularda bor içeriği çok yüksek düzeylere ulaşabilmektedir. Ülkemiz bor madeni açısından önemli bir potansiyele sahiptir ve borun önemli bir bölümü Susurluk havzası içerisinde kalmaktadır. Semiz (2014) tarafından yapılan bir çalışmada; Susurluk havzasında yer alan Orhaneli, Emet ve Mustafakemalpaşa Çaylarının bor içerikleri araştırılmış ve Orhaneli Çayında ortalama 0.13-0.18 mg L<sup>-1</sup>, Emet Çayında 4.68-28.24 mg L<sup>-1</sup> ve bu iki çayın birleşmesiyle oluşan Mustafakemalpaşa Çayında ise 0.90-3.22 mg L<sup>-1</sup> olduğunu belirlemiştir. Susurluk havzası sahip olduğu su kaynakları ve verimli tarım arazileri ile Türkiye'nin önemli bir tarım merkezidir. Söz konusu su kaynaklarından sulama yapan çiftçiler son yıllarda bor içeriği yüksek olan bu suların bitki verim ve kalite özelliklerini olumsuz etkilediğini dile getirmektedirler.

Genel olarak doğal suların bor içeriği oldukça düşüktür (0.3-1.0 mg L<sup>-1</sup>). Ancak, toprak ve yer altı suları doğal olarak yüksek bor içeriğine sahip olabildiği gibi gübreleme, atık sular ve madencilik faaliyetleri ile sonradan bor toprak ve sulama suyuna eklenebilmektedir (Nable ve ark., 1997; Çelik ve ark., 2017). Ayyıldız (1992)'ye göre, tarım yapılan topraklardaki bor birikimi ve toksite belirtileri daha çok sulama sularının içerdiği bordan ileri gelmektedir. Dursun ve ark. (2010), sebzelerin bor gereksinimlerinin diğer kültür bitkilerinden biraz daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Biber bitkisinin bora toleransı orta hassas olarak sınıflandırılmış, sulama suyunda miktarı 1-2 mg L<sup>-1</sup> üzerine çıktığı durumda verim düşüklüğü belirtilerinin başladığı bildirilmiştir (Güngör ve Erözel, 1994; Moss ve Nagpal, 2004). Bor, bitkiler için önemli bir besin maddesi olmasına rağmen, birçok bitki için topraktaki konsantrasyonu 4.0 mg L<sup>-1</sup>'yi geçtiği takdirde bu kez, bitkisel üretimi azaltabilecek zararlara neden olmaktadır (Güngör ve Erözel, 1994).

Biber; dünyanın çeşitli ülkelerinde açıkta ve örtü altında yetiştiriciliği yapılan, tüketici, üretici ve işleme endüstrisi açısından önemi olan kültür bitkisidir (Duman ve ark., 2002; Köksal ve ark., 2017). Kırmızı pul-toz biber, Solanaceae familyasına ait olan *Capsicum annum* L. türüne ait bir sebzenin kurutulmuş öğütülmesi sonucu elde edilen, yemeklere lezzet ve acılık vermek amacıyla kullanılan bir baharattır (Akgül, 1993). Özbey ve Kabak (2012)'ye göre, kırmızı biberler dünyada karabiberden sonra ticareti en fazla yapılan baharattır ve bu da bibere ekonomik yönden önem kazandırmaktadır.

Bursa-Mustafakemalpaşa ovası özellikle baharatlık ve kırmızı biber yetiştiriciliğinde önemli bir yere sahiptir. Bölgede yaygın yetiştiriciliği yapılan Azatlı kırmızı biberi; tek yıllık, konik ve uç kısmı sivri, pürüzsüz yüzeyli ve düzgün, ince etli, parlak kırmızı renkli, kurutmaya uygun meyveli ve daha çok toz biber yapımında kullanılan yerel bir çeşittir. Bu çalışmanın amacı, Bursa/Mustafakemalpaşa bölgesinde yetiştiriciliği yapılan Azatlı kırmızı biber çeşidinin, farklı bor konsantrasyonları karşısında verim ve kalite özellikleri bakımından verdiği tepkiyi belirlemek ve bora tolerans mekanizmasının anlaşılmasına katkı sağlamaktır.

## Materyal ve Yöntem

### Bitki materyali, Deneme Deseni, Bitkilerin Yetiştirilmesi ve Bor Uygulamaları

Deneme, Uludağ Üniversitesi Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulunda yer alan plastik örtülü bir serada, 2018 yılı Mayıs-Eylül aylarında yürütülmüştür. Deneme alanının coğrafi koordinatları 40°02' Kuzey, 28°24' Doğu olup deniz seviyesinden yüksekliği 22 m'dir. Deneme materyali olarak; Bursa ili, Mustafakemalpaşa ilçesinde yetiştirilen, Azatlı kırmızı yöresel biber çeşidi (*Capsicum annuum* L.) kullanılmıştır.

Araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 2 biber bitkisi olacak şekilde planlanmıştır. Yetiştirme ortamı olarak, silindirik saçtan imal edilmiş, 60 cm boyunda ve 60 cm çapındaki varillerden yararlanılmış ve variller sera içerisine deneme desenine uygun olarak yerleştirilmiştir. Variller, 230 kg solma noktasına yakın değerlere gelen ve kumlu-killi-tın bünyeye sahip toprak ile (% 60 kum, % 21 kil, % 19 silt, % 1.3 organik madde, % 10.3 kireç, 35.6 mg L<sup>-1</sup> fosfor, 355.20 mg L<sup>-1</sup> potasyum, % 0.09 toplam azot, pH içeriği 7.4, EC 0.26 dS m<sup>-1</sup>, hacim ağırlığı 1.23 g cm<sup>-3</sup>, tarla kapasitesi % 25, devamlı solma noktası % 13) 2 mm göz açıklıklı elekten elendikten sonra doldurulmuştur. Drenaj suyunun tahliyesini sağlamak için tabana 5 cm kum-çakıl karışımı konulmuştur.

Temel gübre olarak, 13.5 kg da<sup>-1</sup> N (amonyum nitrat) ve 3.75 kg da<sup>-2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (diamonyum fosfat) ve 0.5 kg da<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O (potasyum sülfat) uygulanmıştır. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve K<sub>2</sub>O gübresinin tamamı ve N gübresinin yarısı ekimden önce, N gübresinin diğer yarısı da fide dikiminden bir ay sonra toprağa karıştırılmıştır (Doorenbos and Kassam, 1986; Kurunc ve ark., 2011). Olgun biber fideleri, her varilde bir adet olacak şekilde el ile Mayıs ortasında dikilmiştir. Fidelerin tuttuğundan emin oluncaya kadar ilk birkaç sulama çeşme suyu ile yapılmıştır, daha sonra deneme konularına uygun borlu sulama suları ile sulama uygulamalarına devam edilmiştir. Bitkilere gerekli bakım işlemleri düzenli olarak yapılmış, yetiştirme süresi boyunca sera ortamındaki ortalama sıcaklık 28.7°C ve ortalama nem % 69.3 olarak ölçülmüştür.

Denemede, kontrol konusu olarak çeşme suyu (0.06 mg L<sup>-1</sup> B) ve 8 farklı sulama suyu bor düzeyi (0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5 mg L<sup>-1</sup>) ele alınmıştır. Sulama suyu bor düzeylerinin oluşturulmasında borik asit (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) kullanılmıştır.

Sulama uygulamalarında, bitki su tüketimi (ETc) dikkate alınmıştır. ETc değerinin belirlenmesinde, Doorenbos ve Pruitt (1977) tarafından önerilen Standart A sınıfı buharlaşma kabından yararlanılmıştır. ETc değeri referans bitki su tüketimi (ETo) ve bitki katsayısının (kc) çarpılmasıyla hesaplanmıştır. Kap katsayısı 1.0 alınarak kaptan buharlaşan su miktarı ETo olarak kullanılmıştır (Kuşçu ve ark., 2016). Bitki yetiştirme sezonu boyunca kullanılan kc değerleri biber bitkisi için FAO-56 (Allen ve ark., 1998) tarafından önerildiği gibidir: ilk gelişme dönemi, orta-sezon gelişme dönemi ve bitki gelişiminin son dönemi için sırasıyla 0.60, 1.05 ve 0.90. Böylece hesaplanan sulama suyu miktarı farklı bor konsantrasyonu içeren sulama suyuyla kontrollü olarak her deneme tekerrürüne 2-3 gün aralıklarla uygulanmıştır.

## Ölçüm ve Analizler

*Bitki boyu (BB, cm)*; hasattan önce, tüm uygulama gruplarındaki bitkilerin kök boğazından bitkinin büyüme ucuna kadar olan gövde yüksekliği bir cetvel yardımıyla saptanmış ve cm olarak ifade edilmiştir.

*Bitki yaş (BYA, g) ve kuru ağırlığı (BKA, g)*; kontrol ve bor uygulamalarındaki tüm bitkiler deneme sonunda el ile sökülmiş ve temizlendikten sonra kök, gövde ve yaprak kısımlarına ayrılmıştır. Kök, gövde ve yaprak kısımları hassas terazide tartılmış ve bitki yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Aynı örnekler 65°C'de 48 saat etüvde kurutulmuş ve tartılarak kuru ağırlıkları bulunmuştur.

*Ortalama meyve ağırlığı (OMA, g)*; her uygulama konusundan hasat edilen tüm meyvelerin ağırlıkları meyve sayısına bölünerek hesaplanmıştır.

*Ortalama meyve genişliği (OMG, cm) ve boyu (OMB, cm)*; her uygulama konusundan hasat edilen 10 adet meyvenin tam orta kesitindeki genişliği ve meyve boyu kumpas yardımı ile ölçülmüş, ortalaması alınmıştır.

*Yaş meyve verimi (YMV, kg da<sup>-1</sup>)*; hasat 25 Temmuz, 2 ve 9 Ağustos olmak üzere 3 seferde yapılmıştır. İlk hasattan son hasat tarihine kadar olan süre içerisinde toplanan tüm meyveler tartılmıştır. Bitki başına düşen ortalama verim kg olarak belirlenmiş ve 0.70 x 0.35m (sıra arası x sıra üzeri) dikim mesafeleri dikkate alınarak verim hesaplanmıştır (Kuşçu ve ark., 2016).

*Toz biber verimi (TBV, kg da<sup>-1</sup>)*; her uygulama konusuna ait bitkilerden hasat edilen olgunlaşmış tüm meyveler; yıkanmış, tohum ve meyve sapları ayrılmış, geriye kalan meyve eti parçalayıcıdan geçirilmiş, fanlı sistem fırınlarda 3-4 saat kurutulmuştur. Parçalanarak kurutulan biberler, değirmende öğütülerek un haline getirilmiştir. Bitki başına düşen ortalama toz biber verimi kg olarak belirlenmiş ve 0.70x0.35 m (sıra arası x sıra üzeri) dikim mesafeleri dikkate alınarak, verim kg da<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

*Suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM, °Brix)*; meyve suyunda içerikler bir refraktometre kullanılarak belirlenmiştir (Abbe-typerrefractometer, model 60/DR) (Tigchelaar, 1986).

*Meyve dış renk ölçümü (MDR)* renk ölçer aletiyle (Minolta CR 400, Tokyo, Japonya) dijital olarak belirlenmiştir. Kabuk dış rengi, meyvenin 2 yan kısımda okunmuştur. Meyve kabuk renk değerleri (L: parlaklık oranı,+a: kırmızı ve +b:sarı) ölçülmüştür (Özdemir ve Özer, 2015).

Biber bitkilerinden elde edilen verim ve diğer parametrelere ilişkin sayısal veriler tek yönlü varyans (ANOVA) analizi ile değerlendirilmiş ve F testine göre önemli çıkan parametrelere ilişkin gruplandırma p<0.05 olasılık düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi ile yapılmıştır. İstatistikî analizlerde paket program (IBM® SPSS®Statisticsfor Windows, Version 20.0, Copyright, 2011, IBM Corp.,Armonk, NY) kullanılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Çalışmada, varyans analizi sonuçlarına göre, sulama suyu bor seviyelerinin biber bitkisinin büyüme parametrelerini (bitki boyu, bitki yaş ve kuru ağırlıkları) istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 1). Biber bitkilerine uygulanan bor konsantrasyonları ile bitki boyu, bitki yaş ve kuru

ağırlık değerleri arasında negatif ilişkiler bulunmuştur. Sulama suyu bor konsantrasyonunun  $2.5 \text{ mg L}^{-1}$  üzerine çıktığı koşullarda bitki boylarında azalma başlamış ve artan konsantrasyonlarda daha kısa boylu bitkiler elde edilmiştir. Bu çalışmada, bor konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak bitki boyunda azalma yönündeki bulgu, daha önce Akıncı (2006) tarafından yapılan çalışma ile paralellik göstermektedir. Sarafi (2017), biberde yeterli büyüme için bor konsantrasyonlarının düşük tutulması gerektiğini belirtmiştir. Çalışmamızda, en yüksek bitki yaş ve kuru ağırlığı değerleri düşük bor içeren (kontrol,  $0.5$  ve  $1.5 \text{ mg L}^{-1}$ ) sulama suyu ile sulanmış bitkilerden elde edilmiştir. Buna karşın, artan bor konsantrasyonları ile birlikte ( $\geq 2.5 \text{ mg L}^{-1}$ ) yaş ve kuru ağırlıklarda önemli kayıplar gözlemlenmiştir. Domates (Güneş ve ark., 1999), biber (Lee, 2006) ve fasulyede (Cömert ve Çelik, 2017) yapılan çalışmalarda, artan sulama suyu bor konsantrasyonlarından bitki yaş ve kuru ağırlıklarının olumsuz etkilendiği bildirmişlerdir.

**Çizelge 1.** Sulama suyu bor konsantrasyonlarının, bitki boyu (BB), bitki yaş (BYA) ve kuru ağırlıkları (BKA) üzerine etkisi

Bor Uygulamaları ( $\text{mg L}^{-1}$ )	BB (cm)	BYA (g)	BKA
Kontrol	81.17 a	2214.43 a	248.81 a
0.50	81.43 a	2312.15 a	259.50 a
1.50	80.00 a	2179.22 a	244.50 a
2.50	78.86 a	1829.25 b	203.25 b
3.50	72.75 b	1444.63 c	162.50 c
4.50	73.56 b	1185.03 d	133.75 d
5.50	62.92 c	798.03 e	90.28 e
6.50	56.00 d	594.81 ef	67.36 ef
7.50	49.50 e	533.83 f	60.32 f

Aynı sütunda farklı harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) farklılık göstermektedir.

Farklı bor konsantrasyonlarının meyve özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, en yüksek meyve ağırlığı ortalamaları,  $2.5 \text{ mg L}^{-1}$  kadar bor içeren sulama suları ile sulanmış bitkilerde bulunmuştur. Diğer taraftan, tek meyve ağırlıkları bor konsantrasyonunun  $2.5 \text{ mg L}^{-1}$ 'nin üzerine çıkarılması ile önemli miktarda azalmıştır. Artan bor konsantrasyonlarından etkilenen diğer meyve parametreleri de meyve boy ve genişliğidir. Biberde meyve boyu ve genişliği, bor uygulamasına bağlı olarak önemli ölçüde değişim göstermiş, en uzun ( $\leq 2.5 \text{ mg L}^{-1}$ ) ve geniş ( $\leq 1.5 \text{ mg L}^{-1}$ ) meyveler düşük konsantrasyonlu uygulamalardan elde edilmiştir. Sulama suyu bor konsantrasyonları arttıkça meyve boyu ve orta kesit genişliği de istatistikî olarak önemli miktarda azalarak daha küçük boyutlu meyveler hasat edilmiştir (Çizelge 2).

Bor stresinin etkilediği önemli parametrelerden birisi de meyve verimidir. Nitekim, sulama suyu bor konsantrasyonları ile meyve verimi arasında üçüncü dereceden polinom biçiminde önemli ( $R^2 = 0.98$ ) ilişki saptanmıştır (Şekil 1). Çizelge 2'den de izlenebileceği gibi, artan bor konsantrasyonlarına bağlı olarak taze meyve verimi giderek azalmış ve en yüksek bor konsantrasyonunda ( $7.5 \text{ mg L}^{-1}$ ) en düşük verime ulaşmıştır.

Benzer bir çalışmada, Çelik (2007) artan sulama suyu bor konsantrasyonlarının sivri biberde yaş meyve verimlerini düşürdüğünü rapor etmiştir. Bununla birlikte, taze meyve verimi düşük bor dozlarından ( $\leq 2.5 \text{ mg L}^{-1}$ ) etkilenmemiş ve en yüksek verim bu uygulamalarda tespit edilmiştir. Uygun ve Çetin (2004), sulama sularını en çok kirleten elementin bor olduğunu vurgulamış, fazla miktarda olması durumunda toksik etki gösterdiği, bitki gelişmesini dolayısı ile verimini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Buna karşın araştırmacılar, borun bitkilerin normal gelişmesi ve optimal derecede ürün vermeleri için gerekli olduğunu da işaret etmişlerdir.

**Çizelge 2.** Sulama suyu bor konsantrasyonlarının, ortalama meyve ağırlığı (OMA), meyve genişliği (OMG) ve boyu (OMB), yaş meyve verimi (YMV), toz biber verimi (TBV), suda çözünür kuru madde (SÇKM) ve meyve dış rengi (MDR) üzerine etkileri

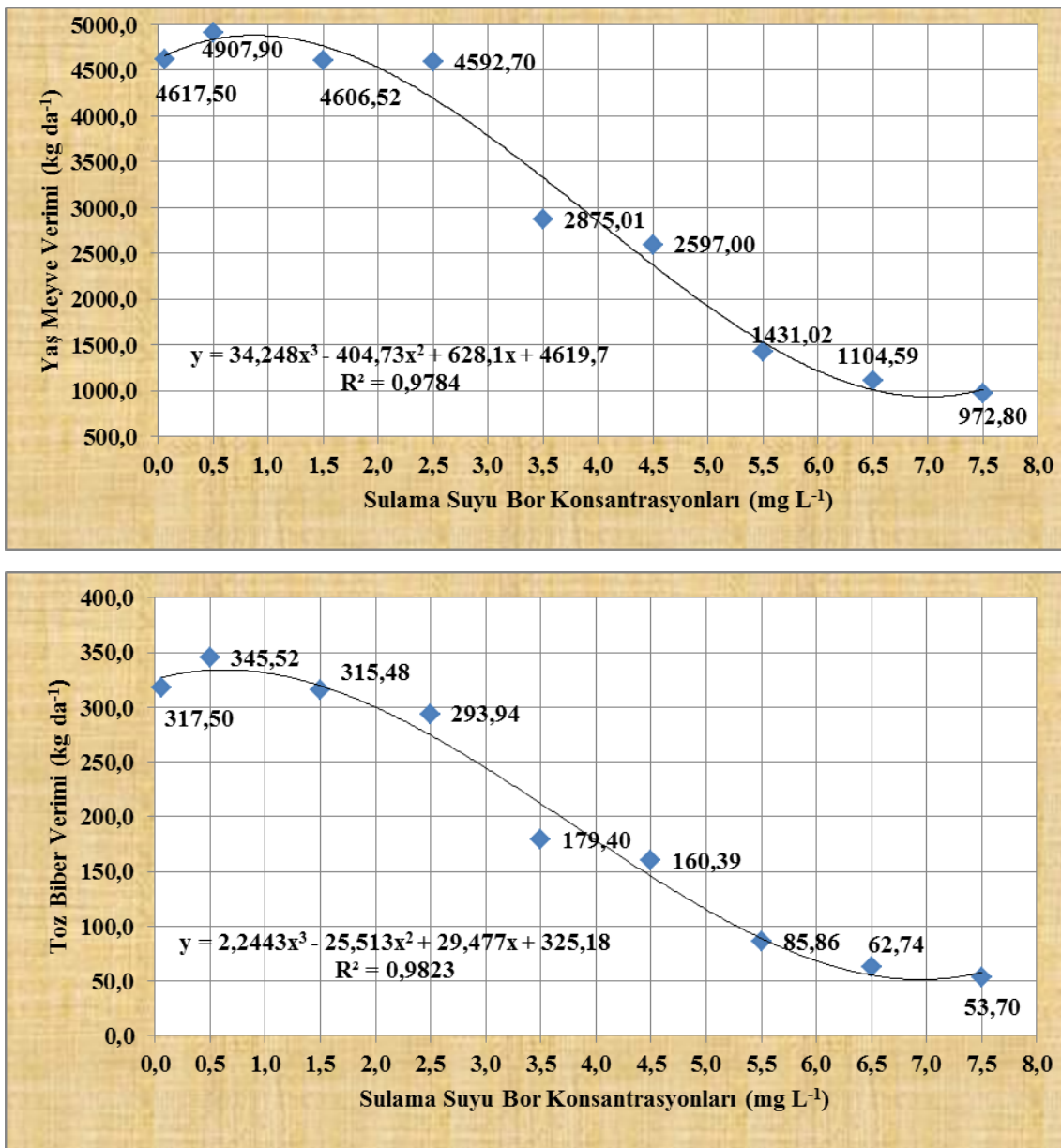
Bor Uygulamaları ( $\text{mg L}^{-1}$ )	OMA	OMG	OMB	YMV	TBV	TSS	MDR		
	(g)	(cm)	(cm)	( $\text{kg da}^{-1}$ )	( $\text{kg da}^{-1}$ )	(°Brix)	L	a	b
Kontrol	37.74 a	4.20 a	12.93 a	4617.50 a	317.50 ab	6.47 d	31.88	36.24 a	13.62
0.50	39.13 a	4.05 ab	11.85 ab	4907.90 a	345.52 a	6.53 d	32.73	36.37 a	13.24
1.50	37.85 a	3.95 ab	11.88 ab	4606.52 a	315.48 ab	6.59 d	32.63	36.52 a	13.40
2.50	36.89 ab	3.58 bc	11.72 ab	4592.70 a	293.94 b	7.26 c	32.78	36.55 a	13.21
3.50	33.15 b	3.45 c	10.30 bc	2875.01 b	179.40 c	7.77 b	32.86	36.30 a	13.20
4.50	27.71 c	3.30 c	9.38 cd	2597.00 b	160.39 c	7.76 b	31.96	36.23 a	12.97
5.50	22.03 d	3.28 c	8.12 d	1431.02 c	85.86 d	7.55 b	32.02	31.90 b	13.31
6.50	21.25 d	3.32 c	9.23 cd	1104.59 c	62.74 d	8.08 a	32.27	26.80 c	10.97
7.50	21.01 d	3.25 c	8.23 d	972.80 c	53.70 d	8.28 a	31.89	24.34 c	10.91

Aynı sütunda farklı harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak önemli ( $P < 0.05$ ) farklılık göstermektedir.

Taze meyve veriminde benzer sonuçlara, toz biber veriminde de rastlamak mümkün olmuş, sulama suyu bor düzeyleri ile toz biber meyve verimleri arasında üçüncü dereceden polinom biçiminde önemli ( $R^2 = 0.98$ ) bir ilişkiye rastlanmıştır (Şekil 1). Çizelge 2’de varyans analiz sonuçları, artan sulama suyu bor konsantrasyonları ile toz biber verimleri arasında negatif ilişkinin olduğunu göstermektedir. En yüksek verim  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  bor içeren sulama suları uygulanmış bitkilerden elde edilmiştir. Burada, istatistiki olarak toz biber verimini önemli miktarda azaltan  $2.5 \text{ mg L}^{-1}$  ve üzerindeki uygulamalar olmuştur. Rafique ve ark. (2012), biberde borun etkileri üzerine yaptığı çalışmada, bor uygulaması yapılan biberlerde kuru meyve veriminin arttığı ve verimin artırılabilmesi için bitkinin yeterli bor ile beslenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bununla birlikte, Paparnakis ve ark. (2013), Sarafi ve ark. (2016), yüksek bor konsantrasyonlarının bitki büyümesini düşürdüğünü, Akıncı (2006) ise bor toksitesinin yaş ve kuru meyve veriminde önemli kayıplara sebep olduğunu kanıtlamışlardır.

Meyvede suda çözünür kuru madde içerikleri önemli bir kalite parametresidir (Ali ve ark., 2014). Suda çözünür kuru madde içeriğinin yüksek olması, meyveden suyu buharlaştırmak için gerekli enerji miktarını düşürdüğü ve işleme süresini azalttığı için arzu edilmektedir (Depascale ve ark., 2001; Jhonstone ve ark., 2005; Patane ve Cosantino, 2010) ve bor uygulamaları ile içerikler önemli miktarda artmaktadır (Rab ve Haq, 2012).

Domates suda çözünür kuru madde miktarı ile bor alımı arasında korelasyon olduğu ve bor uygulanmış bitkilerin meyve suda çözünür kuru madde içeriklerinin daha yüksek olduğu gösterilmiştir (Sathya ve ark., 2010). Araştırmamızda da bor uygulamalarının biber meyvelerinde suda çözünür kuru madde içerikleri üzerine etkisi istatistikî anlamda önemli bulunmuş ve genel olarak sulama suyu bor konsantrasyonlarındaki artış suda çözünür kuru madde miktarını arttırmıştır (Çizelge 2). 6.5 ve 7.5 mg L<sup>-1</sup> bor seviyesi suda çözünür kuru madde miktarının en yüksek olduğu uygulamalar olmuştur. Supanjani ve Lee (2006), yaptıkları çalışmada uygulanan bor miktarındaki artışın acı biberde kuru madde miktarını yükselttiğini rapor etmişlerdir. Bununla birlikte, en düşük suda çözünür kuru madde içeren biber meyveleri de düşük konsantrasyonlu (≤1.5 mg L<sup>-1</sup>) sulama sularının uygulandığı bitkilerde gözlemlenmiştir.



Şekil 1. Sulama suyu bor konsantrasyonları ile verim parametreleri arasındaki regresyon analizleri



Meyvede renk, tüketicinin satın alma davranışında güçlü bir etkiye sahiptir (D'Souza ve ark., 1992). Kırmızı biber, domates ve karpuz, likopen içeriği yüksek sebzelerdir ve meyvelerinde kırmızı renkten likopen sorumludur (Rozzi ve ark., 2002; Montesano ve ark., 2008). Talhouni ve ark. (2017) göre, renk oluşumu birçok faktöre bağlı olarak ortaya çıkmakta, bitkinin üzerindeki pozisyon ve kaçınıcı meyve olduğu bile renk bakımından farklılıklara sebep olabilmektedir. Wu ve Kubato (2008) ise, tuz stresi gibi bazı çevresel faktörlerin meyve likopen miktarını değiştirebileceğini bildirilmişlerdir. Araştırma boyunca elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda biber meyve kabuk renk özelliklerinin uygulanan sulama suyu bor konsantrasyonlarına göre değişim gösterebileceği gözlemlenmiştir. Özellikle bu değişim kırmızı (a) renk tonlarında ortaya çıkmıştır. Çizelge 2'den de izlenebileceği gibi, bor konsantrasyonun  $4.5 \text{ mg L}^{-1}$  seviyesine kadar yükselmesi kırmızı renk tonunda istatistikî olarak önemli farklılık ortaya çıkarmamış ancak, bu noktadan sonra artan sulama suyu bor miktarları kırmızı renk tonunda önemli azalmaya neden olmuştur. Biber meyveleri daha açık kırmızı renge bürünmüştür. Bu çalışmada, kabuk sarı renk tonu (b) ve parlaklık (L) değerleri bakımından hem kontrol hem de bor uygulanan bitkiler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Diğer bir deyişle, bor konsantrasyonları, meyve kabuğundaki sarı renk oluşumunu ve parlaklığını etkilememiştir.

## Sonuç

Bitkisel üretimde gübreleme ve sulama yönetimi, verimliliği etkileyen önemli stratejilerdendir. Bitkilerin yeterli gelişme göstermesi için topraktan yeterli miktarda bor alması gerekmektedir. Borun bitkiler için gerekli mikrobesein maddesi olduğu, eksikliği kadar fazlalığı da bitkisel üretim ve kalitesini etkileyebileceği yapılan pek çok çalışma ile kanıtlanmıştır. Yapılan bu çalışmada da farklı bor içeren sulama suları biber bitkilerine uygulanmış ve uygulamaların biber bitkisinin büyüme parametreleri, meyve özellikleri, yaş ve kuru meyve verimlerini etkileyebileceği saptanmıştır. Bununla birlikte,  $2.5 \text{ mg L}^{-1}$  üzerinde bor içeren sulama sularının kullanılması durumunda biber bitkisinde toksik etkilerin görülebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

## Kaynakça

- Akgül, A. 1993. Baharat Bilimi ve Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği No: 15, Ankara, 451s.
- Ali, H.E.M. and Ismail, G.S.M. 2014. Tomato fruit quality as influenced by salinity and nitricoxide. *Turk J. Bot.* 38: 122-129.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. Rome: FAO.
- Ayyıldız, M. 1992. Sulama suyu kalitesi ve tuzluluk problemleri. *A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları*, 344-346 s., Ankara.

- Akinci, I.E. 2006. Effect of boron toxicity on yield and plant characteristics in red pepper (*Capsicum annuum* L.). Conference paper Sept. p: 290-295. <https://www.researchgate.net/publication/306119180> (Erişim tarihi: 28.07.2019).
- Cömert, A. ve Çelik, S. 2017. Farklı toprak bünyelerinde sulama suyu bor düzeylerinin fasulye bitkisi verimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(3): 323-331.
- Çelik, A. 2007. Borlu sulama sularının biber (*Capsicum annuum* L.) verim ve kalitesine etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), Ankara, 55s.
- Çelik, H., Öztüfekçi, S., Turan, M.A., Aşık, B.B. ve Katkat, A.V. 2017. Effects of increasing application doses of borax and boric acid on nutrient element uptake of maize (*Zea mays* L.). *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31(2): 45-56.
- Demirtaş, A. 2005. Bitkide bor ve etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (2): 217-225.
- DePascale, S., Maggio, A., Fogliano, V., Ambrosino, P., Retieni, A. 2001. Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76: 447-453.
- D'Souza, M.C.D., Singha, S. and Ingle, M. 1992. Lycopene concentration of tomato fruit can be estimated from chromaticity values. *Hortscience*, 27(5): 465-466.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1977. Crop water requirements: calculation of crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 24. Rome: FAO
- Doorenbos, J. and Kassam, A.H. 1986. Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 33. Rome, Italy.
- Dorak, S., Aşık, B.B. ve Özsoy, G. 2019. Tarımda su kalitesi ve su kirliliğinin önemi: Bursa Nilüfer çayı örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1): 155-166.
- Duman, A.D., Zorlugenç, B. ve Evliya, B. 2002. Kahramanmaraş'ta kırmızı biberin önemi ve sorunları. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(1): 111-117.
- Dursun, A., Turan, M., Ekinci, M., Güneş, A., Ataoğlu, N., Esringü, A. and Yıldırım, E. 2010. Effects of boron fertilizer on tomato, pepper, and cucumber yields and chemical composition. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41: 1576–1593.
- Güneş, A., Alplaslan, M., Özcan, H. and Çıkılı, Y. 1999. Effects of Zinc on the allevation of boron toxicity in tomato, *J. of Plant Nutr.* 22(7):1061-1068.
- Güngör, Y. ve Erözel, A.Z. 1994. Drenaj ve arazi ıslahı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 1341, Ankara.
- Harite, Ü. 2008. Pamukta Bor Toksisitesine Dayanıklılık. Adnan Menderes Üniv. Fen Bilimleri Ens. ZTO-YL-0001 (Yüksek Lisans Tezi). Aydın, 74s.

- Johnstone, P.R., Hartz, T.K., Le, Strange, M., Nunez, J.J., Miyao, M. 2005. Managing fruit soluble solids with late-season deficit irrigation in drip-irrigated processing tomato production. *HortScience*, 40(6):1857-1861.
- Koksal, E.S., Tasan, M., Artik, C. and Gowda, P. 2017. Evaluation of financial efficiency of drip-irrigation of red pepper based on evapotranspiration calculated using an iterative soilwater-budget approach. *Scientia Horticulturae*, 226: 398-405.
- Kurunc, A., Unlukara, A. and Cemek, B. 2011. Salinity and drought affect yield response of bell pepper similarly. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 61: 514-522.
- Kuşçu, H., Turhan, A., Özmen, N., Aydınol, P., Demir, A.O. 2016. Response of red pepper to deficit irrigation and Nitrogen fertigation. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(10): 1396-1410.
- Lee, S.K.D. 2006. Hot Pepper response to interactive effects of salinity and boron. *Plant Soil Environment*, 52: 227-233.
- Montesano, D., Fallarino, F., Cossignan, L., Bosi, A., Simonetti, M.S. and Puccetti, P. 2008. Innovative extraction procedure for obtaining high pure lycopene from tomato. *Eur Food Res. Technol.*, 226: 327–335.
- Moss, S.A. and Nagpal, C. 2004. Ambient water quality guidelines for boron. Water Protection Section Ministry of waterland and Air Protection 113p. (<http://wlapwww.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/boron.html>) (Erişim tarihi: 28.07.2019).
- Nable, R.O., Banuelos, G.S. and Paull, J.G. 1997. Boron toxicity. *Plant Soil*, **198**: 181-198.
- Özbey, F. and Kabak, B. 2012. Natural co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in spices. *Food Control*, 28: 354-361.
- Özdemir, A. ve Özer, H. 2015. Organik olarak yetiştirilen salkım domatesin (*Solanum lycopersicum* L.) verim ve kalitesi üzerine yaprak budamasının etkisi. *Anadolu J. Agr. Sci.*30:1-6.
- Paparnakis, A., Chatzissavvidis, C. and Antoniadis, V. 2013. How apple responds to boron excess in acidic and limed soil. *J. oil. Sci. Plant Nutr.* 7: 787-796.
- Patane, C. and Cosentino, S.L. 2010. Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. *Agricultural Water Management*, 97:131-138.
- Rab, A. and Haq, I. 2012. Foliar application of calcium chloride and borax influences plant growth, yield, and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. *Turk J. Agric. For.* 36: 695-701.
- Rafique, E., Mahmood-ul-Hassan, M., Khokhar, K.M., Ishaq, M., Yoursa, M. and Tabassam, T. 2012. Boron requirement of chili (*Capsicum annum* L.): Proposed diagnostic criteria. *J. Plant Nutr.* 35: 739-740.
- Reid, R. 2007. Identification of boron transporter genes likely to be responsible for tolerance to boron toxicity in wheat and barley. *Plant Cell Physiol.* 48(12): 1673–1678.
- Rozzi, N.L., Singh, R.K., Vierling, R.A. and Watkins, B.A. 2002. Super critical fluid extraction of lycopene from tomato processing by products. *J. Agri. Food Chem.* 50: 2638-2643.

- Sarafi, E., Chatzissavvidis, C. and Therios, I. 2016. Response of two pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars to five B concentrations: Growth performance, B, chlorophyll and proline concentration. *J. Plant Nutr.* 40: 983-994.
- Sarafi, E., Siomos, A., Tsouvaltzis, P., Chatzissavvidis, C. and Therios, I. 2017. Boron toxicity effects on grafted and non-grafted pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17 (2): 441-460.
- Sathya, S., Mani, S., Mahedran, P.P. and Arulmozhiselvan, K. 2010. Effect of application of boron on growth, quality and fruit yield of PKM 1 tomato. *Indian J. Ag. Res.* 44: 274-280.
- Semiz, G.D. 2014. Sulama suyu açısından bor içeriğinin değerlendirilmesi: Uluabat gölünü besleyen Orhaneli, Emet ve Mustafakemalpaşa çayları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1): 98-105.
- Siddiqui, M.H., Al-Whaibi, M.H., Sakran, A.M., Ali, H.M., Basalah, M.O., Faisal, M., Alatar, A. and Al-Amri, A.A. 2013. Calcium-induced amelioration of boron toxicity in radish. *J. Plant Growth Regul.* 32: 61-71.
- Supanjani and, Lee, K.D. 2006. Hot pepper response to interactive effects of salinity and boron. *Plant Soil Environ.* 52(5): 227-233.
- Talhouni, M., Sönmez, K., Ellialtıoğlu, Ş.Ş. ve Kuşvuran, Ş. 2017. Tuz stresi altında yetiştirilen aşılı patlıcan bitkilerinde bazı bitki ve meyve özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6: 71-80.
- Tanaka, M. and Fujiwara, T. 2007. Physiological role and transport mechanisms of boron: perspectives from plants. *Pflügers Archives-European Journal of Physiology*, 456: 671- 677.
- Tigchelaar, E.C. 1986. Tomato breeding. In: Basset M.J. (ed.) *Breeding Vegetables Crops*, Westport, USA, p: 135-170.
- Uygun, D. ve Çetin, Ö. 2004. Bor'un tarımsal ve çevresel etkileri: Seydisuyu su toplama havzası. II. Uluslararası Bor Sempozyumu, 23-25 Eylül, Eskişehir, Türkiye.
- Wu, M. and Kubota, C. 2008. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. *Sci. Hortic.* 116 ( 2 ): 122-129.