

BOR VE SALİSİLİK ASİT UYGULAMALARININ ACI VE TATLI KIL BİBERDE VERİM, MEYVE KALİTESİ VE BİYOKİMYASAL İÇERİKLER ÜZERİNE ETKİLERİ

Adnan UĞUR¹, Andaç Kutay SAKA^{2*}

¹Doç. Dr., Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu; ORCID: 0000-0001-6015-3146

²Arş. Gör., Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu; ORCID: 0000-0001-5550-1978

ÖZ

Çalışma, biber meyvelerinde bor ve salisilik asit uygulamalarının acı ve tatlı kıl biber çeşitlerinde verim ve meyve kalitesi özellikleri ile biyokimyasal içeriklerine etkilerinin belirlenmesi amacı ile 2019 yılı ilkbahar üretim döneminde Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait plastik sera ve laboratuvarlarda yürütülmüştür. Biber fideleri yetiştirme ortamı olarak 3:1 oranında torf: perlit karışımı içeren 50×18×16 cm ebadındaki balkon tipi saksılara dikilmiştir. Gübrelemeler dikim sonrası 10 ve 20. günlerde yapılmış, bor uygulaması toprak ve yapraktan uygulanmış salisilik asit uygulaması ise yapraktan uygulanmıştır. Çalışmada 6 farklı uygulama (kontrol, SA sprey, Bor sprey, Bor topraktan, Bor topraktan + SA sprey, Bor sprey + SA sprey) konusu çalışılmıştır. Bor uygulamasında 20 g/da, salisilik asitte 1 mM dozu kullanılmıştır. Biber bitkilerinde 5 kez hasat yapılmış, hasat edilen bitkilerde bitki boyu (cm), bitki verimi (kg/da), yaprak eni (cm), yaprak boyu (cm), gövde çapı (cm), meyve sayısı (adet/bitki), meyve çapı (cm), meyve boyu (cm), yaprak kroma ve hue açısı değeri, klorofil indeksi, kuru madde oranı (%), toplam fenolik madde, flavonoid ile antioksidan etkinliği (DPPH) belirlenmiştir. Bor gübrelenmesi ve salisilik asit uygulamalarının bitki başına meyve verimini %76'ya varan oranlarda arttırdığı belirlenmiştir. Ortalama meyve ağırlığı 7.87-9.80 g arasında değişmiştir. Bor ve salisilik asit uygulamalarının biber meyvelerinin fenolik madde içeriklerine önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Uygulama etkilerinin acı ve tatlı biberlerde farklı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bor, fenolikler, renk özellikleri, salisilik asit, verim

THE EFFECTS OF BORON AND SALICYLIC ACID APPLICATIONS ON YIELD, FRUIT QUALITY AND BIOCHEMICAL CONTENTS

ABSTRACT

The study was carried out in the plastic greenhouses and laboratories of Ordu University Faculty of Agriculture, Department of Horticulture in the spring production period of 2019 in order to determine the effects of boron and salicylic acid treatments in pepper fruits on yield and fruit quality characteristics and biochemical contents of hot and sweet pepper varieties. Pepper seedlings were planted in 50×18×16 cm balcony type pots containing a 3:1 mixture of peat: perlite as a growing medium. Treatment was done on the 10th and 20th days after planting, boron treatment was applied to the soil and leaves, and salicylic acid was applied to the leaves. In the study, 6 different treatments (control, SA spray, Boron spray, Boron soil, Boron soil + SA spray, Boron spray + SA spray) were studied. In boron treatment, 20 g/da, 1 mM dose of salicylic acid was used. Pepper plants were harvested 5 times, plant height (cm), plant yield (kg/da), leaf width (cm), leaf length (cm), stem diameter (cm), fruit number (piece/plant), fruit diameter (cm), fruit length (cm), leaf chroma and hue angle value, chlorophyll index, dry matter ratio (%), total phenolic substance, flavonoid and antioxidant activity (DPPH) were determined. It was determined that boron fertilization and salicylic acid applications increased fruit yield per plant by up to 76%. Average fruit weight varied between 7.87-9.80 g. It was determined that boron and salicylic acid applications had significant effects on the phenolic content of pepper fruits. It was determined that the treatment effects were different in hot and sweet peppers.

Keywords: Boron, color characteristics, phenolics, salicylic acid, yield

GİRİŞ

Sebzeler sağlıklı beslenmenin vazgeçilmez bir parçasıdır. Meyve ve sebzeler düşük yağ, şeker ve tuz içeriği ile sağlıklı bir beslenme kaynağı olup, kardiyovasküler hastalık ve aşırı kilo alma riskini azaltmaya yardımcı olabilmektedirler [19]. Biberde bulunan kapsaisin maddesi, hücrelerde oksidatif stresin neden olduğu ve obeziteye yol açan faktörleri

engelleyerek potansiyel bir ajan kullanılabileceği yapılan araştırmalarda ortaya konmuştur [14].

Biber (*Capsicum annuum* L.), C vitamini açısından zengin [10], önemli bir üründür ve sağlığa olan faydaları nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bununla birlikte, teknik gelişmeler nedeniyle son yıllarda alan başına verim ve kalite iyileşmesine rağmen, zararlılar ve hastalıkların hala

*Sorumlu yazar / Corresponding author: andacsaka@gmail.com

verim düşüşlerine neden olduğu düşünülmektedir [5]. Yetiştiricilik ve hasat öncesi dönemde zayıf büyüme nedeniyle verim kayıpları meydana gelir [1]. Bu nedenle, son yıllarda biber yetiştiriciliğinde bitki besleme ve büyüme gelişme destekleyici uygulamalar ön plana çıkmaya başlamıştır. Yıllık yaklaşık 36.2 milyon ton [2] üretilerek dünyada en değerli sebzelerin başına gelen biberde bitki verimi ve kalitesinin artırılması için yeni stratejilerin belirlenmesi hedeflenmektedir.

Bor, çeşitli besinlerin toplam alımını ve besin kullanım verimliliğini etkilemektedir. Böylece yüksek verimlilik ve düşük gübre maliyeti elde edilmektedir [24]. Borun bitkilerdeki işlevleri, su taşınımındaki görevi, kation ve anyon emilimi, polen canlılığı ve azot (N), fosfor (P), karbonhidratlar ve yağ metabolizması ile ilişkilidir. Bor ayrıca hücre duvarının oluşumunda, şeker taşınımı, hücre bölünmesi, farklılaşma, hücre zarı işleyişi, bitki hormon düzeylerinin belirlenmesi ve bitki büyümesi gibi hayati hücre fonksiyonlarında önemli bir rol oynar [15]. Salisilik asit ise birçok bitkinin yapısında doğal olarak bulunan, bitki büyüme-gelişimi, fotosentez, çiçeklenme ve besin maddesi alımı gibi önemli bitki metabolik olayları üzerine önemli derecede olumlu etkisi olan bir büyüme düzenleyicisidir [11, 3]. Salisilik asit, bitkilerde biyotik ve abiyotik stres koşullarında sistemik dayanıklılığı teşvik ederek strese karşı bitkileri korumaktadır [13]. Salisilik asitin ayrıca ağır metal birikimine karşı da önemli ölçüde etkili olduğu bildirilmektedir [11]. Bitkilerde olası bor toksisitesi durumunda bu durumun önüne geçilmesi açısından salisilik asit ile birlikte farklı makro ve mikro element kaynaklı gübreleme uygulamalarının yapılması önem kazanmaktadır. Yapılan araştırmada, farklı şekillerde uygulanan bor uygulamaları ile spreyleme şeklinde bitkiye uygulanan salisilik asitin acı ve tatlı biber çeşitlerinde verim, kalite ve biyokimyasal özellikler üzerine etkilerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, serada acı ve tatlı kıl biber yetiştiriciliğinde farklı bor ve salisilik asit uygulamaları uygulanarak araştırma yürütülmüştür. Serada, yapraktan ve topraktan bor uygulamaları ve yapraktan salisilik asit uygulanarak acı ve tatlı biber meyvelerinde verim, kalite özellikleri ve biyokimyasal içeriklerden toplam fenolik maddeler, flavonoidler ve antioksidan kapasitesi belirlenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu araştırma Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama alanında bulunan ısıtmasız

plastik serada, Mayıs 2019-Ekim 2019 tarihleri arasında yürütülmüştür.

Araştırmada acı biber çeşidi olarak «Yakar», tatlı kıl biber çeşidi olarak ise «Uslu» çeşidi kullanılmıştır. Biber fideleri yetiştirme ortamı olarak 3:1 oranında torf: perlit karışımı içeren 50×18×16 cm ebadındaki balkon tipi saksılara 3 tekerrür ve her tekerrürde 3'er bitki olacak şekilde dikilmiştir.

Çalışmada topraktan bor, yapraktan bor, topraktan bor + Salisilik Asit ve yapraktan bor + Salisilik Asit uygulamaları yapılmıştır.

Çalışmada 20 g/da bor dozu ve 1 mM salisilik asit dozu kullanılmış, uygulamalar 10 gün ara ile 2 farklı tarihte saksı başına 100 cc olacak şekilde uygulanmıştır.

Biber bitkilerinde 5 kez hasat yapılmış, hasat edilen bitkilerde bitki boyu (cm), bitki verimi (kg/da), yaprak eni (cm), yaprak boyu (cm), gövde çapı (cm), meyve sayısı (adet/bitki), meyve çapı (cm), meyve boyu (cm), yaprak kroma ve hue açısı değeri, klorofil indeksi, kuru madde oranı (%), toplam fenolik madde, flavonoid ile antioksidan etkinliği (DPPH) belirlenmiştir.

Metot

•*Bitki boyu:* Bitkilerin toprak yüzeyinden bitkinin en uç noktasında büyüme ucunun bitimine kadar bir cetvel yardımıyla ölçülerek bitki boyu (cm) belirlenmiştir. Bitki boyları 1.hasat zamanından hemen önce ölçülmüştür.

•*Gövde çapı:* Biber bitkilerinde gövdenin orta kısmında dijital kumpas yardımı ile gövde çapı (mm) ölçülmüştür.

•*Yaprak eni:* Her uygulamadan homojen olarak seçilen 10 adet yaprak, yaprak ayasının en geniş yerinden bir cetvel yardımıyla ölçülerek yaprak eni (mm) belirlenmiştir.

•*Yaprak boyu:* Her uygulamadan homojen olarak seçilen 10 adet yaprak, yaprak ayasının en uzun yerinden bir cetvel yardımıyla ölçülerek yaprak boyu (mm) belirlenmiştir.

•*Yaprak SPAD değeri:* Her uygulamada genç ve orta yaşlı yapraklar olmak üzere 20 yaprakta ölçüm yapılarak üzerinde yaprak SPAD değeri (cci) belirlenmiştir. Ölçümlerde Minolta SPAD-502 Klorofilmetre (Konica Minolta Japan Leaf Chlorophyll Meter SPAD 502) kullanılarak yaprakların klorofil indeksi ölçülmüş ve bulunan değerler SPAD değerleri olarak ifade edilmiştir. Klorofil indeksi değerlendirilirken SPAD değer skalasında 1 = klorotik veya sarı renk, 50 = koyu yeşil renk olarak ifade edilmektedir [25].

•*Renk özellikleri:* Renk özellikleri olarak CIE sisteminde L* (lightness) ölçüm yapılan yüzeyin,

ışığı ne kadar yansıttığını, yani siyahtan beyaza rengin açıklık ve koyuluğunu (0=Beyaz; 100=Siyahtan), a^* değeri kırmızıdan (pozitif) yeşile (negatif); b^* değeri ise sarıdan (pozitif) maviye (negatif) renk değişimlerini belirtmektedir. Renk özellikleri olarak CIE 3 boyutlu renk koordinatları olarak L, a ve b değeri hesaplanmıştır [16]. Renk özellikleri dijital renk ölçer (Konica-Minolta, CR-400, Japonya) ile 10'ar meyvenin farklı bölgelerinden olacak şekilde belirlenmiştir.

•*Bitki başına meyve sayısı*: Bütün hasat dönemleri boyunca hasat edilen biber bitkilerinin hasat edilen toplam bitki sayısına oranlanması ile elde edilen değerdir.

•*Meyve çapı*: Biber bitkilerinin hasat edilen meyvelerinde, meyvenin orta kısmından dijital kumpas yardımı ile meyve çapı (mm) ölçülmüştür.

•*Meyve boyu*: Hasat edilen biberlerde meyve sapının bitim noktasından meyvenin uç noktasına kadar olan uzunluk bir cetvel yardımıyla ölçülerek meyve boyu (cm) belirlenmiştir.

•*Kuru madde içeriği*: Hasat edilen biber örnekleri darası alınmış fırın kaplarına yerleştirildikten sonra tartılmış ve taze ağırlıklar not edilmiştir. Aynı örnekler 72°C'deki etüvde 48 saat süreyle kurutulmuştur. Tamamen kuruyan biber örneklerinin son kuru ağırlıkları tartılarak taze ağırlık değerleri üzerinden hesaplaması yapılmış ve %kuru ağırlık oranları belirlenmiştir.

•*Ortalama meyve ağırlığı*: Bütün hasat dönemleri boyunca her uygulamadan hasat edilen meyve sayıları (adet) ile meyve ağırlıkları (g) belirlenmiş ve toplam meyve ağırlığının toplam meyve sayısına oranlanması ile ortalama meyve ağırlığı (g) belirlenmiştir.

•*Bitki başına ortalama meyve sayısı*: Tüm hasat dönemlerinde her tekerrürden hasat edilen toplam meyve sayısının toplanarak her bir tekerrürde bulunan toplam bitki sayısına oranlanması ile adet bitki⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

•*Bitki verimi*: Hasat edilen sağlıklı meyveler 0.01 hassasiyetli hassas terazide her hasat döneminde tartılmış ve dekara kg olacak şekilde hesaplanmıştır. Bütün hasatlardan elde edilen verim değerleri toplanarak toplam verim değeri (kg da⁻¹) belirlenmiştir.

•*Toplam fenolikler*: Uygulamalardan alınan biber örnekleri saf su ile yıkanarak metal blendırla parçalanmış ve alınan örnekler 50 mL'lik falkon tüplerde analizlere kadar -20°C'de saklanmıştır. Analizler için dondurucudan çıkarılan örnekler oda koşullarında çözdürülerek 12.000 × g'de 4°C'de 30 dakika boyunca santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Biyoaktif bileşikler için spektrofotometrik ölçümler UV-Vis spektrofotometresinde (Shimadzu, Kyoto,

Japonya) Öztürk ve Özer [21]'e göre belirlenerek mg GAE 100 g⁻¹ taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

•*Flavonoid miktarı*: Toplam flavonoid içeriği kuersetin'e eşdeğer (QE), mg kuersetin 100 g⁻¹ taze ağırlık olarak, Chang ve ark. [6]'nın çalışmalarında belirledikleri yöntem Özer ve ark., [20] tarafından yürütülen bir çalışmada yeniden tasarlanarak belirlenmiştir.

•*Antioksidan kapasitesi (DPPH)*: Biber meyvelerinde antioksidan kapasitesi [4]'e göre belirlenmiş ve mmol 100 g⁻¹ trolox eşdeğeri (TE) taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

•*İstatistiksel analiz*: Verilerin varyans analizi yapılmış, ortalamalar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığını (P<0.05) kontrol etmek amacıyla varyans analizi yapılmış ve ortalamalar arasındaki anlamlı farklılıklar LSD değeri olarak verilmiştir. İstatistiksel analizler JMP yazılımı (JMP 13.2, ABD) kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bitki boyu

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre biberde bitki boyları 28.75-31.56 cm arasında değişim göstermiştir. Farklı çeşitler ile farklı bor salisilik asit uygulamaları arasında istatistiksel bakımdan önemli bir farklılık bulunmamıştır (Çizelge 1). Uygulamaların bitki boyu artışına önemli etkisi olmamasına karşın kontrole göre bitki boylarında artış gözlemlenmiş ve en yüksek boylu bitkiler bor yaprak + SA uygulamasından elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarda bitki boyunun bor gübrelmesi ile arttığı bildirilmiştir [22, 18].

Gövde çapı

Elde edilen sonuçlara göre yapılan uygulamaların gövde çaplarına önemli etki etmediği görülmüştür. Gövde çapları 5.29-5.65 mm arasında değişim göstermiştir. Bor Yaprak + SA uygulamasının haricinde diğer uygulamalarda kontrole göre gövde çaplarında artış görülmüş ancak istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunmamıştır. Çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır (Çizelge 1).

Yaprak eni, yaprak boyu

Çalışmadan elde edilen yaprak eni değerleri incelendiğinde en düşük değer kontrol uygulamasından (39.08 mm) elde edilirken, en yüksek yaprak eni değeri (42.11 mm) bor toprak + SA uygulamasından bulunmuştur. İstatistiksel olarak çeşitler arasında önemli farklılık bulunurken uygulamalar arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır (Çizelge 1).

Çalışmadan elde edilen yaprak boyu değerleri incelendiğinde yaprak eni sonuçlarına benzer olarak en düşük değer kontrol uygulamasından (80.25 mm), en yüksek yaprak boyu değeri (86.44 mm) ise Bor Toprak+ SA uygulamasından bulunmuştur. İstatistiksel olarak çeşitler arasında %1 düzeyinde önemli farklılık bulunurken uygulamalar arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır (Çizelge 1). Önceki yapılan çalışmalarda bor uygulamalarının yaprak özelliklerine önemli etkilerinin olmadığı bulunmuş, önceki sonuçlar çalışmamızla benzerlik göstermiştir [9].

Renk özellikleri

Bor ve salisilik asit uygulaması yapılan biber meyvelerinde renk özelliklerinden L* değerine çeşitlerin istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çalışmada en yüksek L* değeri tatlı biber çeşidinde elde edilirken, uygulamalardan bor yaprak uygulaması en yüksek L değerine sahip olmuştur (Çizelge 2). Farklı bor dozlarının yaprakta uygulanması ile sebzelerde L değerinin etkilenmediği önceki yapılan çalışmalarda da belirlenmiştir [7].

Bor ve salisilik asit uygulaması yapılan biber meyvelerinde renk özelliklerinden a* değerine çeşitlerin istatistiksel olarak önemi tespit edilmiştir. Çalışmada en yüksek a* değeri tatlı biber çeşidinde elde edilirken, uygulamalardan kontrol uygulaması en yüksek a* değerine sahip olmuştur (Çizelge 2). b*

değerine ise çeşitlerin ve uygulamaların istatistiksel olarak bir etkisi yoktur.

Yaprak SPAD değeri

Acı ve tatlı biber çeşitlerine yapılan bor ve salisilik asit uygulamaları sonucunda SPAD değerlerinde uygulamalar açısından istatistiksel bir farklılık bulunmazken çeşitler arasında istatistiksel bakımdan önemli etkiler saptanmıştır (Çizelge 3). Tatlı biber çeşidinde en yüksek SPAD değeri 46.28 cci olarak belirlenmiştir. SPAD değerleri kontrol uygulamasına göre bütün uygulamalarda azalış göstermiştir. Yapılan bir çalışmada 30., 60. ve 150.günlerde yaprak SPAD değeri belirlenen biber yapraklarında bor uygulamasının SPAD değerlerini arttırdığı belirlenmiştir [8]. Ancak çalışmamızdan elde edilen sonuçlar bor ve salisilik asit uygulamaları ile SPAD değerlerinin düşüş gösterdiğini ortaya koymuştur.

Meyve Boyu, Meyve Çapı, Ortalama Meyve Ağırlığı ve Kuru Madde İçeriği

Acı ve tatlı biber çeşitlerine yapılan bor ve salisilik asit uygulamaları sonucunda meyve boyu, meyve çapı ve %kuru madde içeriği değerlerinde uygulamaların ortalamaları arasında istatistiksel bir farklılık bulunmazken çeşitler ve çeşit × uygulama interaksyonu arasında istatistiksel bakımdan önemli etkiler saptanmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 1. Bor ve salisilik asit uygulamalarının farklı biber çeşitlerinde bitki boyu, gövde çapı, yaprak eni ve yaprak boyu üzerine etkileri^{z-y}

Table 1. Effects of boron and salicylic acid treatments on plant height, stem diameter, leaf width and leaf length in different pepper cultivars^{z-y}

	Çeşit / Cultivar	Kontrol	SA	Bor Toprak	Bor Yaprak	Bor Toprak + SA	Bor Yaprak + SA	Ortalama / Mean
Bitki boyu (cm) Plant height	Acı / Hot	28.67	31.67	29.89	30.22	28.33	32.00	30.13
	Tatlı / Sweet	28.83	29.67	30.89	31.00	30.22	31.11	30.29
	Ortalama / Mean	28.75	30.67	30.39	30.61	29.28	31.56	
	LSD	LSD çeşit: Ö.D. N.S. LSD Uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: Ö.D. N.S.						
Gövde çapı (mm) Stem diameter	Acı / Hot	5.05	5.35	5.53	5.19	5.48	5.09	5.28 B
	Tatlı / Sweet	5.58	5.69	5.78	5.87	5.48	5.50	5.65 A
	Ortalama / Mean	5.31	5.52	5.65	5.53	5.48	5.29	
	LSD	LSD çeşit: 0.18*** LSD Uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: Ö.D. N.S.						
Yaprak eni (mm) Leaf width	Acı / Hot	36.00	36.67	37.33	38.44	41.33	37.00	37.80 B
	Tatlı / Sweet	42.17	43.83	45.33	42.56	42.89	45.11	43.65 A
	Ortalama / Mean	39.08	40.25	41.33	40.50	42.11	41.06	
	LSD	LSD çeşit: 1.55*** LSD Uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: Ö.D. N.S.						
Yaprak boyu (mm) Leaf length	Acı / Hot	72.67	71.00	75.11	76.56	83.11	75.78	75.70 B
	Tatlı / Sweet	87.83	89.83	94.78	87.33	89.78	96.78	91.06 A
	Ortalama / Mean	80.25	80.42	84.94	81.94	86.44	86.28	
	LSD	LSD çeşit: 3.32*** LSD Uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: Ö.D. N.S.						

^zAynı sütunda farklı harflerle ifade edilen çeşitler ortalaması ile aynı satırda yer alan uygulama ortalamaları arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (LSD)

^yThere is a 5% difference between the average of varieties expressed with different letters in the same column and the application averages in the same row (LSD)

^yÇeşit × uygulama interaksyonunda ortalamalar arasındaki %5 düzeyinde anlamlı farklılık küçük harflerle ifade edilmiştir (LSD)

^ySignificant difference at the level of 5% between the means in the variety × application interaction is expressed in lowercase letters (LSD)

*** p ≤ 0.001 düzeyinde önemlidir ***significant at p ≤ 0.001, Ö.D.: Önemli değil N.S.: Nonsignificant

Çizelge 2. Bor ve salisilik asit uygulamalarının farklı biber çeşitlerinde meyve renk özelliklerine etkileri^{z-y}
 Table 2. Effects of boron and salicylic acid applications on colour characteristics in different pepper cultivars^{z-y}

	Çeşit / Cultivar	Kontrol	SA	Bor Toprak	Bor Yaprak	Bor Toprak + SA	Bor Yaprak + SA	Ortalama / Mean
L*	Acı / Hot	53.57	53.77	53.48	54.48	52.50	52.68	53.41 B
	Tatlı / Sweet	55.35	57.21	56.95	56.61	54.86	56.78	56.29 A
	Ortalama / Mean	54.46	55.49	55.22	55.55	53.68	54.73	
	LSD	LSD çeşit: 1.17*** LSD Uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: Ö.D. N.S.						
a*	Acı / Hot	-22.43	-22.73	-22.29	-21.96	-21.77	-22.09	-22.21 A
	Tatlı / Sweet	-22.07	-23.42	-23.34	-23.85	-22.93	-23.69	-23.22 B
	Ortalama / Mean	-22.25	-23.08	-22.82	-22.91	-22.35	-22.89	
	LSD	LSD çeşit: 0.66*** LSD Uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: Ö.D. N.S.						
b*	Acı / Hot	47.82	47.95	46.79	48.24	45.71	46.57	47.18
	Tatlı / Sweet	47.19	48.84	47.60	49.20	47.10	48.34	48.04
	Ortalama / Mean	47.51	48.39	47.20	48.72	46.41	47.46	
	LSD	LSD çeşit: Ö.D. N.S. LSD Uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: Ö.D. N.S.						

^zAynı sütunda farklı harflerle ifade edilen çeşitler ortalaması ile aynı satırda yer alan uygulama ortalamaları arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (LSD)

^yThere is a 5% difference between the average of varieties expressed with different letters in the same column and the application averages in the same row (LSD)

^yÇeşit × uygulama interaksyonunda ortalamalar arasındaki %5 düzeyinde anlamlı farklılık küçük harflerle ifade edilmiştir (LSD)

^ySignificant difference at the level of 5% between the means in the variety × application interaction is expressed in lowercase letters (LSD)

*** p ≤ 0.001 düzeyinde önemlidir ***significant at p ≤ 0.001, Ö.D.: Önemli değil N.S.: Nonsignificant

Çizelge 3. Bor ve çinko uygulamalarının farklı biber çeşitlerinde SPAD değerine etkileri^{z-y}
 Table 3. Effects of boron and zinc applications on SPAD index in different pepper cultivars^{z-y}

	Çeşit / Cultivar	Kontrol	SA	Bor Toprak	Bor Yaprak	Bor Toprak + SA	Bor Yaprak + SA	Ortalama / Mean
SPAD değeri (cci)	Acı / Hot	44.05	44.35	43.95	44.93	38.13	41.30	42.78 B
	Tatlı / Sweet	47.98	46.78	46.12	46.17	45.38	45.28	46.28 A
SPAD index	Ortalama / Mean	46.01	45.56	45.03	45.55	41.76	43.29	
	LSD	LSD çeşit: 2.15*** LSD uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: Ö.D. N.S.						

^zAynı sütunda farklı harflerle ifade edilen çeşitler ortalaması ile aynı satırda yer alan uygulama ortalamaları arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (LSD)

^yThere is a 5% difference between the average of varieties expressed with different letters in the same column and the application averages in the same row (LSD)

^yÇeşit × uygulama interaksyonunda ortalamalar arasındaki %5 düzeyinde anlamlı farklılık küçük harflerle ifade edilmiştir (LSD)

^ySignificant difference at the level of 5% between the means in the variety × application interaction is expressed in lowercase letters (LSD)

*** p ≤ 0.001 düzeyinde önemlidir ***significant at p ≤ 0.001, Ö.D.: Önemli değil N.S.: Nonsignificant

Tatlı biber çeşidine ait meyvelerde meyve boyu ve meyve çapı en yüksek değerlere ulaşırken, çeşit × uygulama interaksyonunda meyve boyu ve meyve çapı için en yüksek değerler (sırasıyla 21.92 cm, 15.37 cm) tatlı biber, bor yaprak + SA uygulamasından elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarda bor uygulamalarının meyve boyu ve meyve çapını arttırdığı bildirilmiştir [9]. Aynı şekilde salisilik asit uygulanan biberlerde de meyve boyu ve meyve çapında artışlar raporlanmış [12] ve bu artışın meyve bünyesine alınan bor ve salisilik asitin etkilerinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar bu bulgularla paralellik göstermiştir.

Ortalama meyve ağırlığı değerlendirildiğinde çeşitlerin istatistiksel olarak farklı bulunduğu, uygulamaların ortalama meyve ağırlığına önemli etki etmediği tespit edilmiştir (Çizelge 4). Ancak uygulamalarla kontrole göre ortalama meyve ağırlığında artış gözlenmiş olup en yüksek ortalama meyve ağırlığı 9.38 g ile bor yaprak + SA uygulamasından elde edilmiştir. Bor [22, 9, 18] ve salisilik asit (İbrahim ve ark., 2019) uygulanan

meyvelerde ortalama meyve ağırlıklarında artışlar önceki çalışmalarda saptanmıştır. Çalışmamızla ortak olarak meyve ağırlığında uygulamalarla artışlar var olup sonuçlarımızın aksine bu çalışmalarda uygulamalar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur.

Çalışmada incelenen %kuru madde içeriği çeşitler ve çeşit × uygulama interaksyonu açısından istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4). En yüksek kuru madde içeriği acı biber çeşitlerinde tespit edilirken interaksyon olarak acı, bor yaprak uygulaması en yüksek içerikle ön plana çıkmıştır. Bor ve salisilik asit uygulamalarının kuru madde içeriğini arttırdığı önceki çalışmalarda belirtilmiştir.

Bitki Başına Meyve Sayısı, Toplam Bitki Verimi

Çalışmada bitki başına meyve sayısı ve toplam bitki verimine çeşitler, uygulamalar ve çeşit × uygulama interaksyonunun istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmamıştır (Çizelge 5). İki özellikte de görülmüştür ki bor yaprak + SA uygulaması bitki başına meyve sayısını arttırmış ve dolayısıyla verim de de artışlar kaydedilmiştir. En

yüksek bitki başına meyve sayısı 32.44 adet bitki⁻¹, en yüksek toplam verim dekara 956.67 kg ile bor yaprak + SA uygulamasından elde edilmiştir. Manas ve ark. [9] çalışmamıza benzer olarak yaptıkları çalışmada, bor uygulamasının bitki verimini etkilemediğini bulmuşlardır. Çalışmamızda bitki başına meyve sayısı ve toplam bitki verimine ait istatistiksel olarak önemli etkiler bulunmamasına karşın önceden yapılan çalışmalarda bor ve salisilik asit uygulamalarının bu özelliklere önemli etkilerinin olduğu bildirilmiştir [22, 9, 12].

Toplam Fenolikler, Flavonoidler ve Antioksidan Kapasitesi (DPPH)

Farklı biber çeşitleri ve farklı bor, salisilik asit uygulamalarının toplam fenolikler, flavonoidler ve antioksidan kapasitesine (DPPH) önemli etkilerinin olduğu, en yüksek fenolik, flavonoid ve antioksidan kapasitesi (DPPH) içeriklerinin bor yaprak uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir. Çeşit × uygulama interaksyonu göz önüne alındığında en

yüksek toplam fenolik madde içeriği (402.16 mg GAE 100 g⁻¹) acı biber bor yaprak uygulamasında, en yüksek flavonoid içeriği (201.71 mcg QE 100 g⁻¹) tatlı biber bor yaprak uygulamasında ve en yüksek antioksidan kapasitesi (9.61 mmol TE 100 g⁻¹) acı biber bor yaprak uygulamasında kaydedilmiştir (Çizelge 6). Iourde ve ark. [17], yaptıkları çalışmada bor ve salisilik asitin birlikte uygulanmasının marulda biyokimyasal içeriklerin kontrol grubuna göre arttığını, en yüksek değerlerin 1 mM B ve SA uygulamalarında elde edildiğini bildirmişlerdir. Toplam fenolik madde miktarı kontrole kıyasla bütün uygulamalarda artış göstermiş Manas ve ark. [9]'nın yaptığı çalışmayla benzer sonuçlar vermiştir. Toplam flavonoidler ve toplam antioksidan kapasitesi üzerine bor uygulamalarının, çeşitlerin ve çeşit × uygulama interaksyonunun önemli etkilerinin olduğu ve dozlara göre bu farklılığın değişim gösterdiği yapılan çalışmalarda bildirilmiştir [23]. Literatürde mevcut çalışmalarla elde ettiğimiz bulgular paralellik göstermektedir.

Çizelge 4. Bor ve salisilik asit uygulamalarının farklı biber çeşitlerinde meyve boyu, meyve çapı, ortalama meyve ağırlığı ve kuru madde içeriği üzerine etkileri^{z-y}

Table 4. Effects of boron and salicylic acid applications on fruit length, fruit diameter, mean fruit weight and dry matter content in different pepper cultivars^{z-y}

	Çeşit / Cultivar	Kontrol	SA	Bor Toprak	Bor Yaprak	Bor Toprak + SA	Bor Yaprak + SA	Ortalama / Mean
Meyve boyu (cm) Fruit length	Acı / Hot	17.76 e	16.93 e	17.05 e	18.06 de	16.91 e	16.99 e	17.28 B
	Tatlı / Sweet	19.27 cd	20.19 bc	20.55 bc	20.06 bc	20.92 ab	21.92 a	20.48 A
	Ortalama / Mean	18.52	18.56	18.80	19.06	18.92	19.46	
	LSD	LSD çeşit:0.53*** LSD uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: 1.29***						
Meyve çapı (mm) Fruit diameter	Acı / Hot	13.76 bc	12.78 c	12.77 c	14.24 abc	13.04 c	13.47 bc	13.34 B
	Tatlı / Sweet	13.39 bc	13.68 bc	14.04 abc	12.75 c	14.74 ab	15.37 a	13.99 A
	Ortalama / Mean	13.58	13.23	13.41	13.50	13.90	14.42	
	LSD	LSD çeşit:0.61* LSD uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: 1.49*						
Ortalama meyve ağırlığı (g) Mean fruit weight	Acı / Hot	8.24	7.87	8.12	8.25	8.84	9.22	8.42 B
	Tatlı / Sweet	8.66	9.81	9.67	9.16	9.66	9.54	9.41 A
	Ortalama / Mean	8.45	8.84	8.89	8.71	9.25	9.38	
	LSD	LSD çeşit:0.57*** LSD uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: Ö.D. N.S.						
% Kuru madde içeriği Dry matter content	Acı / Hot	8.17 abc	7.63 cd	8.21 ab	8.44 a	8.19 abc	7.77 bcd	8.07 A
	Tatlı / Sweet	7.43 de	7.23 de	7.50 de	6.60 f	7.34 de	7.03 ef	7.19 B
	Ortalama / Mean	7.80	7.43	7.85	7.52	7.76	7.40	
	LSD	LSD çeşit:0.28 LSD Uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: 0.56*						

Çizelge 5. Bor ve salisilik asit uygulamalarının farklı biber çeşitlerinde toplam bitki verimine etkileri^{z-y}

Table 5. Effects of boron and salicylic acid applications on yield in different pepper cultivars^{z-y}

	Çeşit / Cultivar	Kontrol	SA	Bor toprak	Bor yaprak	Bor toprak + SA	Bor yaprak + SA	Ortalama / Mean
Bitki başına meyve sayısı (adet bitki ⁻¹) Fruit number per plant	Acı / Hot	20.65	24.83	22.11	19.11	24.00	21.55	22.04
	Tatlı / Sweet	19.17	17.83	22.55	20.33	24.00	32.44	22.72
	Ortalama / Mean	19.91	21.33	22.33	19.72	24.00	27.00	
	LSD	LSD çeşit: Ö.D. N.S. LSD uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: Ö.D. N.S.						
Verim (kg da ⁻¹) Yield	Acı / Hot	509.00	589.00	531.00	475.33	624.67	598.33	554.56
	Tatlı / Sweet	496.50	522.33	650.33	557.33	678.33	956.67	643.58
	Ortalama / Mean	502.75	555.67	590.67	516.33	651.50	777.50	
	LSD	LSD çeşit: Ö.D. N.S. LSD uygulama: Ö.D. N.S. LSD çeşit × uygulama: Ö.D. N.S.						

^zAynı sütunda farklı harflerle ifade edilen çeşitler ortalaması ile aynı satırda yer alan uygulama ortalamaları arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (LSD)

^yThere is a 5% difference between the average of varieties expressed with different letters in the same column and the application averages in the same row (LSD)

^yÇeşit × uygulama interaksyonunda ortalamalar arasındaki %5 düzeyinde anlamlı farklılık küçük harflerle ifade edilmiştir (LSD)

^ySignificant difference at the level of 5% between the means in the variety × application interaction is expressed in lowercase letters (LSD)

*** p ≤ 0.001 düzeyinde önemlidir ***significant at p ≤ 0.001, Ö.D.: Önemli değil N.S.: Nonsignificant

Çizelge 6. Bor ve salisilik asit uygulamalarının farklı biber çeşitlerinde toplam fenolikler, flavonoidler ve antioksidan kapasitesi (DPPH) üzerine etkileri^{z-y}

Table 6. Effects of boron and salicylic acid applications on total phenolics, flavonoids and antioxidant capacity (DPPH) in different pepper cultivars^{z-y}

	Çeşit / Cultivar	Kontrol	SA	Bor toprak	Bor yaprak	Bor toprak + SA	Bor yaprak + SA	Ortalama / Mean
Toplam fenolikler (mg GAE 100 g ⁻¹) Total phenolics	Acı / Hot	116.30 f	126.12 f	252.84 d	402.16 a	279.37 cd	294.10 c	245.15 B
	Tatlı / Sweet	277.40 cd	270.53 cd	345.18 b	297.05 c	254.81 d	188.99 f	272.33 A
	Ortalama / Mean	196.85 E	198.33 E	299.01 B	349.60 A	267.09 C	241.55 D	
	LSD	LSDÇeşit:11.88*** LSDUygulama:20.59*** LSDÇeşit×uygulama:29.122***						
Flavonoidler (mg QE 100 g ⁻¹) Flavonoids	Acı / Hot	161.93 c	124.89 g	150.33 d	181.38 b	124.11 g	135.50 ef	146.36 A
	Tatlı / Sweet	138.55 e	135.01 f	135.21 ef	201.71 a	127.35 g	82.46 h	136.71 B
	Ortalama / Mean	150.24 B	129.95 D	142.77 C	191.54 A	125.73 E	108.98 F	
	LSD	LSDÇeşit:14.22*** LSDUygulama:24.63*** LSDÇeşit×uygulama:34.83***						
DPPH (mmol TE 100 g ⁻¹) Antioxidant capacity	Acı / Hot	8.93 a	5.64 ef	7.89 b	9.61 a	5.54 f	6.45 cde	7.34 A
	Tatlı / Sweet	6.67 cd	7.34 bc	1.12 h	9.1 a	5.78 def	2.16 g	5.36 B
	Ortalama / Mean	7.80 B	6.49 C	4.50 E	9.36 A	5.66 D	4.30 E	
	LSD	LSDÇeşit:0.366*** LSDUygulama:0.634*** LSDÇeşit×uygulama:0.896***						

^zAynı sütunda farklı harflerle ifade edilen çeşitler ortalaması ile aynı satırda yer alan uygulama ortalamaları arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (LSD)

^yThere is a 5% difference between the average of varieties expressed with different letters in the same column and the application averages in the same row (LSD)

^zÇeşit × uygulama interaksyonunda ortalamalar arasındaki %5 düzeyinde anlamlı farklılık küçük harflerle ifade edilmiştir (LSD)

^ySignificant difference at the level of 5% between the means in the variety × application interaction is expressed in lowercase letters (LSD)

*** p ≤ 0.001 düzeyinde önemlidir ***significant at p ≤ 0.001, Ö.D.: Önemli değil N.S.: Nonsignificant

SONUÇ

Çalışmadan elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak incelendiğinde yaprak eni, yaprak boyu, gövde çapı, renk değerlerinden L, a ve Chroma değeri, %kuru madde içeriği, klorofil indeksi, meyve boyu, meyve çapı ve ortalama meyve ağırlığı gibi agronomik özellikler acı ve tatlı biber çeşitlerinde önemli farklılıklar gösterirken yapılan gübre uygulamaları tüm parametrelerde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bitki boyu, bitki başına meyve sayısı ile verim değerlerinde çeşit, uygulama ve çeşit uygulama interaksyonlarının istatistiki olarak önemli etkilerinin olmadığı kaydedilmiştir. Yapılan uygulamaların, acı ve tatlı biber meyvelerinde biyokimyasal içerikler üzerine çok önemli etkilerinin olduğu saptanmıştır.

Yapılan çalışma sonuçlarına göre çeşitler arasında farklılıklar görülmekle birlikte bu farklılıkların acı ve tatlı biberlerin çeşit özellikleri ile bor, salisilik asit ve bor ile salisilik asitin birlikte uygulanmasına verdikleri tepkilerle açıklanabilir. Ancak yapılan uygulamaların iki biber çeşidinde de agronomik özelliklere önemli etkilerinin olmadığı ancak biyokimyasal içerikler açısından önemli etkilerinin olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre ilerde yapılacak çalışmalarda; farklı bor ve salisilik asit dozlarının denenmesi ile biyokimyasal içerikler ile ilgili daha kapsamlı araştırmaların yapılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. Anonim, 2022-a. Global food losses and food waste-Extent, causes and prevention (<https://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf>; Erişim:27.09.2022).
2. Anonim, 2022-b. Food and Agriculture Organization of the United States (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/qcl>; Erişim:28.09.2022).
3. Bilir Ekbiç, H., Koşar, S., 2020. Salisilik asidin asma anaçlarının tuza dayanımının geliştirilmesi üzerine etkisinin *in vitro* koşullarda belirlenmesi. Akademik Ziraat Dergisi 9(1):33-42.
4. Blois, M.S., 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 26:1199-1200.
5. Bosland, P.W., Votava, E.J., Votava, E.M., 2012. Peppers: vegetable and spice capsicums. CABI.
6. Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M., Chern, J.C., 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis 10(3):178-182.
7. Chutichudet, B., Chutichudet, P., 2009. Efficacy of boron spraying on growth and some external qualities of lettuce. International Journal of Agricultural Research 4(9):257-269.
8. Da-Silva, M.P.S., Mendonça Freitas, M.S., Cesar Santos, P., De-Carvalho, A.J.C., Jorge, T.S., 2019. *Capsicum annuum* var. *annuum* under macronutrients and boron deficiencies: Leaf content and visual symptoms. Journal of Plant Nutrition 42(5):417-427.
9. Denre, M., Bandopadhyay, P.K., Chakravarty, A., Pal, S., Bhattacharya, A., 2014. Effect of foliar

- application of humic acid, zinc and boron on biochemical changes related to productivity of pungent pepper (*Capsicum annuum* L.). African Journal of Plant Science 8(6):320-335.
10. Frank, C.A., Nelson, R.G., Simonne, E.H., Behe, B.K., Simonne, A.H. 2001. Consumer preferences for color, price, and vitamin C content of bell peppers. HortScience 36(4):795-800 (<https://doi.org/10.21273/hortsci.36.4.795>).
 11. Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., Ahmad, A., 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental Experimental Botany 68:14-25.
 12. Ibrahim, A., Abdel-Razzak, H., Wahb-Allah, M., Alenazi, M., Alsadon, A., Dewir, Y.H., 2019. Improvement in growth, yield, and fruit quality of three red sweet pepper cultivars by foliar application of humic and salicylic acids. HortTechnology 29(2):170-178.
 13. Kök, D., 2012. Farklı salisilik asit dozlarının asma anaçlarının tuzluluğa dayanımı üzerine etkileri. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 9(2):32-40.
 14. Leung, F.W., 2008. Capsaicin-sensitive intestinal mucosal afferent mechanism and body fat distribution. Life Sciences 83(1-2):1-5.
 15. Marschner, H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press.
 16. McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. Scientia Horticulturae 27(12): 1254-1255.
 17. Molaei Lourd, E., Azarmi, R., Esmailpour, B., 2020. Influence of boron and salicylic acid on some vegetative and biochemical traits of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in hydroponic system. Journal of Vegetables Sciences 4(1):13-24.
 18. Mosleh, M.F., Rasool, I.A., 2019. Role of spraying boron and sugar alcohols on growth, yield and seeds production of pepper. The Iraqi Journal of Agricultural Science 50(2):646-652.
 19. Ozturk, I., Ercisli, S., Kalkan, F., Demir, B., 2009. Some chemical and physico-mechanical properties of pear cultivars. African Journal of Biotechnology 8:687-693.
 20. Özer, H., Yılmaz, C., Özturk, B., 2022. The influence of cultivation system and modified atmosphere packaging on quality attributes of tomato fruit during cold storage. Biological Agriculture & Horticulture (doi:10.1080/01448765.2022.2074890).
 21. Özturk, B., Özer, H., 2019. Effects of grafting and green manure treatments on postharvest quality of tomatoes. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 19(4):780-792.
 22. Patil, B.C., Hosamani, R.M., Ajjappalavara, P.S., Naik, B.H., Smitha, R.P., Ukkund, K.C., 2010. Effect of foliar application of micronutrients on growth and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Karnataka Journal of Agricultural Sciences 21(3).
 23. Sarafi, E., Siomos, A., Tsouvaltzis, P., Chatzissavvidis, C., Therios, I., 2018. Boron and maturity effects on biochemical parameters and antioxidant activity of pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 42(4):237-247.
 24. Sarafi, E., Siomos, A., Tsouvaltzis, P., Therios, I., Chatzissavvidis, C., 2018. The influence of Boron on pepper plants nutritional status and nutrient efficiency. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 18(3):653-667.
 25. Uluçay Çam, D., 2018. Marulda (*Lactuca sativa* L.) azot ve potasyum uygulamalarının verim ve kaliteye etkisi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu, 54s.