

## ***Salisilik Asit ve Bor Kombinasyonunun Çilek Yaprağı ve Meyvesinin Besin Elementleri Üzerindeki Etkisi#***

**Ece TOSUN<sup>1</sup>**

**Mahmut TEPECİK<sup>2\*</sup>**

<sup>1,2</sup> **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, İzmir**

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-4928-1013>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-6609-4538>

\*Corresponding author (Sorumlu yazar): mahmut.tepecik@ege.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 13.03.2024 Accepted (Kabul tarihi): 31.05.2024

**ÖZ:** Çilek dünyada tüketimi en fazla olan meyvelerden birisi olup, Dünya çilek üretiminde Türkiye beşinci sırada yer almaktadır. Bu çalışmada 2021-2022 yıllarında topraksız ortamda hindistan cevizi torfu (cocopeat) kullanılarak tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak farklı dozda 1-kontrol (SA0+B0), 2-SA1+B1, 3-SA2+B2 ve 4-SA3+B3 şeklinde salisilik asit+bor kombinasyonu uygulanarak çilek (*Fragaria x ananassa cv. Albion*) bitkisinin yaprak ve meyve bitki besin elementleri düzeyi, kalite parametreleri ile kullanılan ortamın tekrar kullanma düzeyini test etmek için yapılmıştır. Yaprakta makro elementler (%) 2,13-2,88 N, 0,29-0,61 P, 2,36-3,41 K, 0,92-1,44 Ca ve 0,40-0,58 Mg ve mikro elementler (mg/kg) 22,64-176,70 B, 215,54-236,79 Fe, 35,62-49,24 Zn, 122,89-146,80 Mn, 3,43-4,13 Cu ve 56,86-97,45 Cl aralığında belirlenmiştir. Meyve örneklerinde makro elementler (%) 1,23-1,77 N, 0,21-0,32 P, 2,14-2,88 K, 0,30-0,51 Ca, 0,16-0,23 Mg ve mikro elementler (mg/kg) 23,90-51,04 B, 79,22-90,73 Fe, 16,72-22,40 Zn, 38,74-49,83 Mn ve 1,39-1,49 Cu aralığında saptanmıştır. Yaprak örneklerinde membran geçirgenliği (MG) değeri en küçük değeri %15,54 ile SA3+B3 uygulamasında ve en yüksek değer ise %20,06 ile SA0+B0 uygulamasından aldığı izlenmektedir. Yaprığın SPAD değeri SA2+B2 uygulamasında 48,58 ile maksimum, SA0+B0 uygulamasında 42,83 ile minimum değeri almıştır. Yaprak örneklerinde ve meyve örneklerinde besin elementleri açısından SA2+B2 uygulaması ön plana çıktığı görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Bitki besin elementi, bor, çilek, *Fragaria x ananassa cv. Albion*, salisilik asit, SPAD değeri.

### ***Effect of Salicylic Acid and Boron Combination on the Nutrient Elements of Strawberry Leaf and Fruit***

**ABSTRACT:** Strawberry is one of the most consumed fruits in the world, and Turkey ranks fifth in world strawberry production. In the years 2021-2022, this experiment was carried out to test the leaf and fruit plant nutrient levels, quality parameters and reuse level of Strawberry (*Fragaria x ananassa cv. Albion*) plants by applying salicylic acid+boron combination treatments. Coconut peat was used in a soilless environment and treatments were applied according to the randomized blocks experiment design, in the form of 1-control (SA0+B0), 2-SA1+B1, 3-SA2+B2 and 4-SA3+B3 in different doses of applications with three replications. Macro elements in the range of (%) 2,13-2,88 N, 0,29-0,61 P, 2,36-3,41 K, 0,92-1,44 Ca and 0,40-0,58 Mg and microelements ranging from (mg/kg) 22,64-176,70 B, 215,54-236,79 Fe, 35,62-49,24 Zn, 122,89-146,80 Mn, 3,43-4,13 Cu and 56,86-97,45 Cl were detected in leaf. Macro elements ranged from (%) 1,23-1,77 N, 0,21-0,32 P, 2,14-2,88 K, 0,30-0,51 Ca, 0,16-0,23 Mg and micro elements (mg/kg) ranging from 23,90-51,04 B, 79,22-90,73 Fe, 16,72-22,40 Zn, 38,74-49,83 Mn and 1,39-1,49 Cu were detected in fruit samples. It was observed that the membrane permeability (MG) value in leaf samples had the lowest value in the SA3+B3 application with 15.54% and the highest value in the SA0+B0 application with 20.06%. The SPAD value of the leaf reached its maximum value of 48.58 in the SA2+B2 application and its minimum value of 42.83 in the SA0+B0 application. It was observed that SA2+B2 application came to the fore in terms of nutritional elements in leaf samples and fruit samples.

**Keywords:** Plant nutrients, boron, strawberry, *Fragaria x ananassa cv. Albion*, salicylic acid, SPAD value.

# Bu çalışma Ece Tosun'un Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

## GİRİŞ

Çilek, Rosaceae familyasının *Fragaria* cinsinde yer almakta ve ticari olarak yetiştirilen çileklerin çoğu *Fragaria x ananassa* türüne aittir (Gerdakaneh ve ark., 2010). Çilek meyveleri, sulu dokuları, kırmızı renkleri, tatları ve iyi bir askorbik asit, mineraller ve antioksidan bileşiklerin kaynağı olmaları nedeniyle dünya çapında büyük bir beğeni elde etmiştir (Tulipani et al., 2008). Çilek üretimi 2021/2022 sezonunda 669 bin ton'dur. Dünya çilek üretiminde beşinci sırada yer alan Türkiye, ihracatta on ikinci sırada yer almaktadır (TÜİK, 2023). Salisilik asit (SA), ismi ilk kez izole edilmiş olan söğüt (*Salix alba* L.) bitkisinden geldiği (Raskin, 1992a) ve, salisilik asidin birçok bitkide mevcut olduğu belirtilmiştir (Lynn ve Chang, 1990). Salisilik asit, bir hidroksil grubuna veya bunun fonksiyonel türevine sahip aromatik bir halkaya sahip, fenolik yapıda endojen bir bitki büyüme düzenleyicisidir. Serbest durumda salisilik asit, 157-159°C erime noktasına ve 2,4 pH'a sahip kristal toz halinde bulunur (Raskin, 1992b). Salisilik asit (SA) veya orto-hidroksi benzoik asit (ortho-hydroxy benzoic acid) ve diğer salisilatların bitkilerin çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal aktivitelerini etkilediği ve büyümelerini ve üretkenliklerini düzenlemede ve çevresel streslere verilen tepkilerde önemli bir rol oynayabilirler (Hayat ve ark., 2010). Salisilik asit bitkilerin biyotik ve abiyotik gibi stres koşullarında hızlı bir şekilde üretildiği ve stres ortamlarında bir sinyal molekülü olarak bitkilerin savunma mekanizmalarında önemli görevler üstlenmektedir (Khan ve ark., 2015). Bor, çoğu bitkinin normal büyümesi için gerekli olan eser elementler olarak da adlandırılan sekiz temel mikro besinden biridir (Franksak ve ark., 2019). Doğada bor (B) borik asit  $H_3BO_3$ , borat  $[B(OH)_4^-]$  veya borosilikat minerali olarak bulunur (Archana ve Verma, 2017). Bitki kökleri bor elementini ağırlıklı olarak küçük yüksüz borik asit molekülleri ve ayrıca borat anyonları ( $BO_3^{3-}$ ) şeklinde alır (Brdar-Jokanovic, 2020). Bor çok hassas bir elementtir ve bitkiler gereksinimleri açısından büyük farklılıklar gösterir. Eksiklik ve

toksosite düzeyi aralığı dardır ve optimum B uygulama oranları bir topraktan diğerine farklılık gösterebildiğinden bor yönetimi zordur (Gupta, 1993). Bor hücre duvarı sentezinde, şeker taşınmasında, hücre bölünmesinde, hücrenin farklılaşmasında, hücre membran işleyişinde, kök uzamasında, bitki hormon düzeylerinin düzenlenmesinde ve bitkilerin generatif büyümesinde önemli bir rol oynar (Marschner, 2012). Yapaktan bor gübrelenmesi, B noksanlığının üstesinden gelmenin ve meyve verimini ve kalitesini sağlamanın etkili bir yoludur (Shireen ve ark., 2018). Yoshinari ve Takano (2017) tarafından borun hücrelere taşınım mekanizmasında üç ana yol tanımlanmıştır, bunlar: (i) Fosfolipidlerin çift tabakası olarak lipit tabakası boyunca pasif, iki yönlü difüzyon biyolojik zarın temel yapısı, bora karşı yüksek bir geçirgenliğe sahiptir; (ii) Seçici veya seçici olmayan kanallar aracılığıyla iki yönlü pasif difüzyon. (iii) Birçok bitki ve farklı doku için çok sayıda B ekstrüzyon taşıyıcısının tanımlandığı borun aktif taşınması şeklinde özetlenmiştir.

Bu çalışma, farklı kombinasyonlarda yapaktan salisilik asit+bor uygulamasının çilek yaprak ve meyvedeki makro ve mikro besin elementi değişimini ile yaprağın membran geçirgenliği ve SPAD üzerine etkilerini belirlemek için yapılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Bu araştırma 2021-2022 yıllarında Aydın ili Germencik ilçesinde yürütülmüştür. Araştırma alanının denizden yüksekliği 40 m, enlem derecesi 37°52'13'' kuzey, boylam derecesi ise 27°38'26'' doğudur. Serada topraksız ortamda hindistan cevizi torfu (cocopeat) kültürü çilek yetiştiriciliğinde, yapaktan farklı seviyelerde yapaktan uygulanan salisilik asit+bor uygulamalarının çilek bitkisinin beslenme düzeyine etkisi incelenmiştir. Deneme topraksız ortam olarak sera yüksekliği oluk altı 3 m orta mahya ile birlikte 5,25 m, tüneller 7 m ve 1300 m<sup>2</sup> alana sahip serada örtü materyali olarak ise polikarbon kullanılmıştır.

Sera Polietilen örtü ile kaplanmış ve kış mevsiminde ısıtma yapılmıştır. Denemede serada topraksız tarım çilek yetiştiriciliğinde ortam olarak 13 adet çilek için dikimi için 100x12x12 cm beyaz, 14 litre hacminde hindistan cevizi torfu kullanılmıştır. Hindistan cevizi torfu analiz sonuçları Çizelge 1’de sunulmuştur.

Topraksız yetiştiriciliğin yapıldığı uygulamada yüksekliği 75 cm olan tezgâhların üzerine 25 cm genişlikte ve 1 m uzunlukta cocopeat içeren yetiştirme torbaları yerleştirilmiştir. Hindistan cevizi torf bloğu kullanım öncesi su ile şişirilmiş, suyu emen bloklar yumuşamış ve kolayca parçalanmıştır. Blok üzerinde yuvarlak dikim delikleri üçgen dikim sistemi ile açılmıştır. Tesadüf blokları deneme desenine göre Albion çilek çeşidi 3 tekerrürlü kurularak ve her tekrarda hindistan cevizi torfu bloğu başına 13 adet tüplü fide dikimi yapılmıştır. Bor uygulamalarında Etidot-67 ticari isimli  $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (%20,8 B) ve salisilik asit ( $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ ) kullanılmıştır. Uygulama için B dozları %0,05 B (B1), %0,1B (B2) ve %0,2 B (B3) şeklinde, salisilik asit dozları ise 1 mM (SA1), 2 mM (SA2) ve 4 mM (SA3) şeklinde hazırlanmış ve

bunların kombinasyonları denemede şu şekilde 1-kontrol (SA0+B0), 2-SA1+B1, 3-SA2+B2 ve 4-SA3+B3 şeklinde salisilik asit+bor uygulamaları yapılmıştır. Birçok çalışmada, topraksız yetiştiriciliğinde için hazırlanan besin solüsyonu modifiye edilerek topraksız çilek yetiştiriciliği için uygulanmıştır (Paranjpe ve ark., 2003). Çilek yetiştiriciliğinde besin solüsyonu N (65 mg/kg;  $\text{NO}_3\text{-N}$ : 55,  $\text{NH}_4\text{-N}$ : 10 mg/kg), P (50 mg/kg), K (84 mg/kg), Ca (95-100 mg/kg), Mg (40 mg/kg), S (56 mg/kg), Fe (2,8 mg/kg), B (0), Mn (0,4 mg/kg), Cu (0,1 mg/kg), Zn (0,2 mg/kg), Mo (0,03 mg/kg) şeklinde hazırlanarak, sulama ve gübreleme, otomasyon (damla sulama) sistemi ile gerçekleştirilmiş olup, çalışmada bitkilerin su ve besin elementi düzeyleri Lieten (1997)’a göre yapılmış, Çilek fideleri sonbahar mevsiminde Ekim 2021 tarihinde yetiştirme ortamlarına dikilmiştir. Yapraktan yapılan uygulamalarda %0,01 konsantrasyonunda yayıcı-yapıştırıcı kullanılmıştır. Her bir yetiştirme torbasına 13 adet fide bunması nedeniyle, yapılan uygulamalar 1,30 litre olarak uygulanmıştır. Sulama suyu özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Hindistan cevizi torfu analiz sonuçları.

Table 1. Coconut peat analysis results.

pH (1:10)	6,27	Toplam /Total Ca (%)	0,52
E.C (dS/m)	1,59	Toplam/Total Mg (%)	0,21
O.M (%)	56,04	Toplam/Total Na (mg/kg)	1186,3
C/N	30,96	Toplam /Total Fe (mg/kg)	12,56
C (%)	32,51	Toplam /Total Zn (mg/kg)	9,81
Toplam/Total N (%)	1,05	Toplam/Total Mn (mg/kg)	12,37
Toplam/ Total P (%)	0,43	Toplam/Total Cu (mg/kg)	2,16
Toplam/ Total K (%)	0,71	Toplam/Total B (mg/kg)	0,78

Çizelge 1. Sulama suyu analiz sonuçları.

Table 2. Irrigation water analysis results.

pH	6,61	Mg (me/L)	0,04
E.C (dS/m)	0,198	B (mg/kg)	0,10
$\text{HCO}_3$ (me/L)	0,40	SAR	7,19
Cl (me/L)	0,50	RSC	0,32
$\text{SO}_4^{2-}$ (me/L)	1,08	Toplam sertlik (me/L)	0,63
Na (me/L)	1,80	Geçici sertlik (me/L)	2,00
K (me/L)	0,04	Sulama suyu sınıfı	C1S1
Ca (me/L)	0,09		

Uygulamalar çözeltiler halinde yapraktan uygulama yapılmış ve SA0+B0 uygulamasında saf su kullanılmıştır. Birinci uygulama çiçeklenme başlangıcında ve ikinci uygulama ise tam çiçeklenmeden 15 gün sonra yapraktan uygulama yapılmıştır (Aghaeifard ve ark., 2016).

Hasat döneminde bitkinin merkezindeki yapraklardan alınan örnekler laboratuvara buz çantası içerisinde getirilmiş, ön temizlik işlemleri yapıldıktan sonra çeşme ve saf suyunda yıkanmış ve etüvde 65-70 °C de 48 saat kurutulup, öğütüldükten sonra analizler için hazır duruma getirilmiştir. Meyve örnekleri, olgunlaşmış meyvelerden meyve hasadının en yoğun olduğu dönemde, hasat dönemi ortalarında, alınmıştır (Jones et al., 1991). Analizler için her bir yetiştirme torbasındaki bitkilerden 2 adet olmak üzere 26 adet meyve örneği alınmış ve buz çantası içerisinde laboratuvara getirilerek ön temizlik işlemleri yapılmıştır. Bitki besin elementi analizleri için örnekler, etüvde sabit ağırlığa gelene kadar 65-70 °C' de 48 saat kurutulmuş ve daha sonra meyve örnekleri öğütülerek analize hazır duruma getirilmiştir. Bitki besin elementi analizlerinde, yaprak ve meyve örneklerinde toplam azot Bremner (1965), tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir. Diğer besin elementleri örneklerde yaş yakma (HNO<sub>3</sub>+HClO<sub>4</sub>; 4:1) sonrası P, vanadomolibdo fosforik sarı renk yöntemi ile spektrofotometrik olarak (Lott et al., 1956), K, Ca ve Na Alev Flame (alev) fotometre ile Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu ise Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrede ölçülmüştür. Kuru madde; bitki örneklerinin 105°C'de etüvde kurutulmasına dayalı gravimetrik yöntemle belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Yaprak ve meyve örneklerinde B analizi kuru yakma sonrası Azomethin-H yöntemi ile spektrofotometrik olarak hesaplanmıştır (Wolf, 1971). Yaprak örneklerindeki klor (Cl)

elementi, Berger (2012) tarafından belirtilen yöntem ile potansiyel farkı titrasyon sonucuna göre saptanmıştır. Yaprak örneklerinden membran geçirgenliği=(EC1/EC2) x 100 (1) formülü ile Mobin ve Khan, (2007)'e göre gelişmesini tamamlamış yapraklardan belirlenmiştir. Klorofil miktarının belirlenmesinde yapraktaki klorofil miktarları uygulama gruplarındaki yaprak örneklerinde SPAD değeri SPAD-502 Plus (Konica Minolta Optics, Inc., Tokyo, Japan) cihazı ile ölçülmüştür. Aynı uygulama içerisinde yer alan 10 adet bitkiden olan her bitkiden trifoliat yaprağın ayasının orta kısmından iki ölçüm toplamda 20 ölçüm yapılmış, daha sonra elde edilen ölçüm değerlerinin ortalamaları alınarak hesaplanmıştır (Khan ve ark., 2004).

İstatistiki analiz: Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak kurulmuştur. Elde edilen verilerin analizleri SPSS istatisti programı (version 22.0) ile yapılmış ve uygulamalar arasındaki farklar duncan testi (p<0,05) ile belirlenmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Salisilik (SA) ve bor (B) uygulamasının çilek yaprağının makro besin elementi konsantrasyonu üzerine etkileri uygulamalara göre farklılık (p<0,01) göstermiştir. Toplam azot % 2,13-2,88 aralığında saptanmış uygulamalar içerisinde en yüksek N değeri SA2+B2 uygulamasında ve en küçük değer ise SA0+B0 uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 3). Uygulamalara göre P % 0,29-0,61 arasında belirlenmiş ve istatistiki olarak farklı (p<0,01) bulunmuş, % 0,61 ile en yüksek değer SA2+B2 uygulamasında ve minimum ise SA0+B0 kombinasyonunda belirlenmiştir. Potasyum açısından uygulamaların etkisi p<0,01 düzeyinde önemli bulunmuş, % 2,36 ile SA0+B0 uygulamasında küçük değer buna karşın SA2+B2

uygulamasında % 3,41 ile maksimum değer olarak belirlenmiştir. Yapraktan yapılan uygulamaların Ca üzerine etkisi istatistiki olarak  $p < 0,01$  önem düzeyin farklılık göstermiş ve % 0,92-1,44 aralığında saptanmıştır. Yapraktan yapılan uygulamaların Mg üzerine etkisi istatistiki olarak  $p < 0,01$  önem düzeyinde farklılık göstermiş ve % 0,40-0,58 aralığında saptanmıştır.

Çilek yaprağındaki mikro element içerikleri Çizelge 4'te sunulmuştur. Uygulamaların bor üzerine etkisi istatistiki olarak  $p < 0,01$  önem düzeyinde etkili olmuş ve uygulamalara göre  $SA3+B3 > SA2+B2 > SA1+B1 > SA0+B0$  şeklinde bir sıralama izlemiştir. En küçük değer 22,64 mg/kg ile  $SA0+B0$  ve en büyük değer ise 176,70 mg/kg ile  $SA3+B3$  uygulamasında saptanmıştır.  $SA3+B3$  uygulamasında bor fazlalığının yaprak üzerindeki etkisi görülmüştür.

Çizelge 3. Yapraktaki makro bitki besin elementleri konsantrasyonları.

Table 3. Concentrations of macro plant nutrients in leaves.

Uygulamalar	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Treatment					
$SA0+B0$	2,13±0,018c	0,29±0,008b	2,36±0,075c	0,92±0,032c	0,40±0,018c
$SA1+B1$	2,36±0,051b	0,36±0,008b	2,53±0,069bc	1,18±0,016b	0,49±0,014b
$SA2+B2$	2,88±0,034a	0,61±0,026a	3,41±0,034a	1,44±0,070a	0,58±0,041a
$SA3+B3$	2,47±0,063b	0,55±0,033a	2,60±0,025b	1,33±0,005a	0,49±0,011b
p değeri	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.. Yapraktaki mikro bitki besin elementleri konsantrasyonları.

Table 4. Concentrations of micro plant nutrients in leaves.

Uygulamalar	B	Fe	Zn	Mn	Cu	Cl
Treatments	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
$SA0+B0$	22,64±1,038d	215,54±15,89	35,62±1,052c	122,89±2,076b	3,43±0,084b	56,86±4,064b
$SA1+B1$	40,25±2,100c	229,70±9,951	39,44±0,522bc	138,90±2,488a	3,86±0,099ab	67,48±1,453b
$SA2+B2$	57,54±2,175b	231,90±8,472	44,91±2,649ab	146,80±3,051a	4,13±0,355a	86,70±2,666a
$SA3+B3$	176,70±6,062a	236,79±3,986	49,24±1,719a	145,90±3,719a	4,04±0,085ab	97,45±4,514a
p değeri	<0,01	öd	<0,01	<0,01	0,127	<0,01

öd=önemli değil. /ns: not significant

Yaprak örneklerinde Fe değeri uygulamalara göre en küçük değer 215,54 mg/kg ile SA0+B0 ve en yüksek değeri SA3+B3 uygulamasında 236,79 mg/kg ile yer aldığı izlenmektedir. Yaprığın Zn değeri uygulamalara göre istatistiki olarak  $p<0,01$  düzeyinde etkili olmuş SA3+B3 uygulamasında 49,24 mg/kg ile maksimum, SA0+B0 uygulamasında 35,62 mg/kg ile minimum değeri almıştır. Uygulamaların Mn üzerine etkisi dozlara göre önemli düzeyde farklılık  $p<0,01$  göstermiş, Mn içeriği 122,89-146,80 mg/kg aralığında saptanmıştır. Uygulamaları genel sonucu olarak Mn içeriği SA0+B0 uygulamasında en küçük değer ve SA2+B2 uygulamasında ise en yüksek değeri aldığı izlenmektedir. Uygulamalara göre Cu değerleri dar bir aralıkta değişim göstermiş ve genel olarak 3,43-4,13 mg/kg aralığında saptanmış, Cu içeriği SA0+B0 uygulamasında en küçük değer ve SA2+B2 uygulamasında ise en yüksek değeri aldığı görülmüştür. Salisilik asit ve bor uygulama dozu artışıyla Cl konsantrasyonu lineer bir artış göstermiş ve uygulamalara göre istatistiki olarak  $p<0,01$  farklılık göstermiş, SA0+B0 uygulamasında 56,86 mg/kg değeri ile en küçük ve 97,45 mg/kg ile en yüksek değeri SA3+B3 uygulamasında almıştır. Çilek yaprağındaki element sonuçları Jones ve ark. (1991) tarafından N %2,50-4,00, P % 0,20-0,24, K %1,00-1,29, Ca % 1,00-2,50, Mg %0.25-1.00, Fe 50-200 mg/kg, Zn 20-200 mg/kg, Mn 50-200 mg/kg ve Cu 6-50 mg/kg belirtilmiş olan değerlere göre değerlendirildiğinde; çilek yapraklarındaki mikro bitki besin elementi konsantrasyonları için belirtilen (Hancock, 2008; Lieten, 1997), Fe 60–250 mg/kg, Mn 50–200 mg/kg, Zn 20–50 mg/kg ve Cu 6–20 mg/kg değerlere göre yeterli seviyede olduğu görülmüştür. Jones ve ark. (1991) çilekte B için yeterlilik değerlerini 23-50 mg/kg olarak belirtilen değerlerden yüksek olarak saptanmıştır. Biyokimyasal süreçler için gerekli olan bitki dokularında klorürün minimum konsantrasyonu yaklaşık 100 mg/kg, bununla birlikte, Cl'un bitkilerdeki konsantrasyonu genelde %0,2-2,0 arasında değişim gösterdiği (Fixen, 1993) ve bu şekilde belirtilen değerlerden farklı bir seyir izlemiştir. Yaprak örneklerinde membran geçirgenliği

(MG) en küçük değeri %15,54 ile SA3+B3 uygulamasında ve en yüksek değer ise %20,06 ile SA0+B0 uygulamasından aldığı izlenmektedir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Uygulamaların membran geçirgenliği ve SPAD üzerine etkisi.

Table 5. Effect of applications on membrane permeability and SPAD.

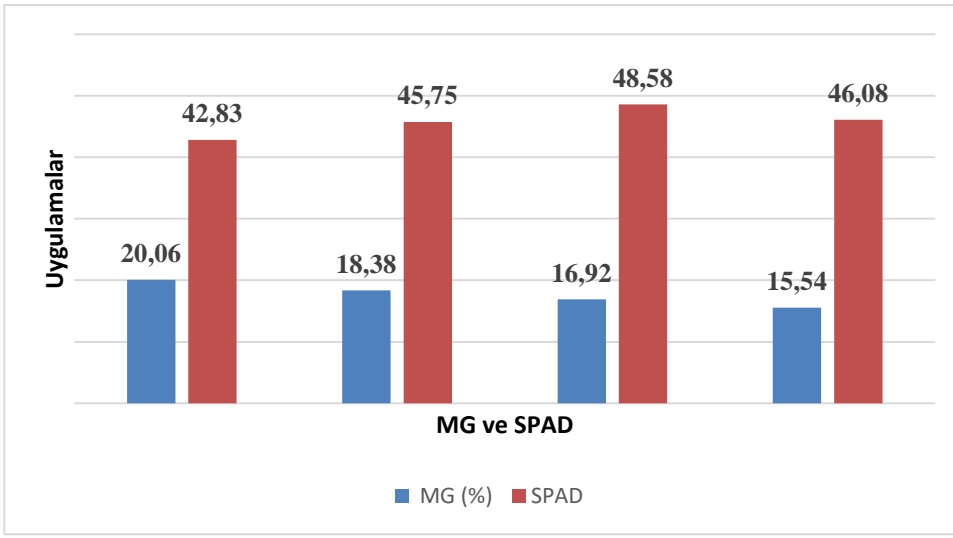
Uygulamalar Treatments	Membran Geçirgenliği (MG) Membrane Permeability (%)	SPAD
SA0+B0	20,06±0,866a	42,83±0,730c
SA1+B1	18,38±0,811ab	45,75±0,230b
SA2+B2	16,92±0,254bc	48,58±0,500a
SA3+B3	15,54±0,300c	46,08±0,506b
p değeri	<0,01	<0,01

Uygulama dozuna bağlı olarak membran geçirgenliğinde değişim meydana gelmiş, nitekim SA0+B0 uygulamasında %20,06 olan membran geçirgenliği SA3+B3 uygulamasında %15,54'e kadar azalma göstermiştir. Uygulamalara bağlı olarak SA1+B1, SA2+B2 ve SA3+B3 uygulamalarında ise membran geçirgenliği değerlerinde kontrole göre önemli düzeyde azalmalar meydana geldiği ölçülmüştür. Korkmaz (2018) yaptığı çalışmada membran geçirgenliğinin %11,17-14,04 arasında değişim gösterdiğini rapor etmektedir. Elde edilen sonuçlarımızın bu değerlerden yüksek olduğu söylenebilir. Salisilik asit+bor uygulamaları (SA+B) bitkilerin membran geçirgenliğini azaltarak, ortama iyon akışına engel olduğu söylenebilir. Bu konuda yapılan farklı uygulamaların hücre membran geçirgenliğini azaltıcı yönde etkili olduğunu gösteren mevcut çalışmalar yer almaktadır (Shen ve ark., 2010; Merwad ve ark., 2018). Salisilik asit uygulamasının membran geçirgenliği (MG) içeriğini önemli ölçüde azalttığı Kazemi ve ark. (2011) tarafından bildirilmiştir. Membran geçirgenliği, hücre zarı hasarının değerlendirilmesini sağlar ve ısı stresi yaralanmasını değerlendirmek için kullanılmaktadır (Heckman ve ark., 2002). Membran geçirgenliği ölçümlerine dayalı olarak bitkilerde hücre zarı stabilitesinin tahmini, hücre canlılığının tahmin edilmesi için yaygın olarak kabul edilen bir yöntem haline geldiği belirtilmiştir (Bajji ve ark., 2002).

Hücrelerden elektrolit sızıntısı, plazma zarına doğrudan ısı hasarının neden olduğu zar geçirgenliğindeki değişikliklerin bir sonucu olarak meydana gelebilir. Mevcut deney, 1 mM SA'lık bir yaprak spreyinin elektrolit sızıntısını azalttığını ve görünüşe göre bitkileri ısı stresine karşı koruduğu belirtilmiştir (Shi ve ark., 2006).

Uygulamalara göre SPAD değeri farklılık göstermiş 42,83-48,58 aralığında değişim göstermiştir (Şekil 1). Yaprığın SPAD değeri SA2+B2 uygulamasında

48,58 ile maksimum, SA0+B0 uygulamasında 42,83 ile minimum değeri almıştır. Elde edilen SPAD değerlerinin Keskin ve ark. (2017) tarafından belirtilmiş olan (41,5-51,5) ve Aras ve Eşitken, (2019) tarafından SPAD değerleri 38,40-45,46 ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Salisilik asit uygulamalarının stomalar üzerinde koruyucu etkisi birçok çalışmada rapor edilmiştir (Nazar ve ark., 2011). Çilek bitkilerine salisilik asit uygulamasının klorofil içeriğini, kontrole göre kıyasla %11 arttırdığını bildirmiştir (Jamali ve ark., 2011).



Şekil 1. Uygulamalara göre membran geçirgenliği ve SPAD değerleri değişimi.  
Figure 1. Membrane permeability and SPAD values according to applications.

Uygulamaların çilek bitkisinin meyvede N içerikleri üzerine etkisi dozlar göre önemli düzeyde farklı ( $p < 0,01$ ) olmuştur. Toplam N içeriği %1,23-1,77 aralığında saptanmıştır (Çizelge 6). Uygulamaların genel sonucu olarak toplam N içeriği SA0+B0 uygulamasında en küçük değer ve SA2+B2 uygulamasında ise en yüksek değeri aldığı izlenmektedir. Salisilik asit ve bor uygulamalarının meyvenin toplam P üzerine etkisi uygulamalara göre anlamlı bir fark ( $p < 0,01$ ) göstermiş ve uygulama dozlarına göre artış göstermiştir. En düşük P içeriği %0,21 ile kontrol uygulamasında en yüksek P değeri ise %0,32 ile SA2+B2 uygulamasında saptanmıştır. Meyvede uygulamaların potasyum (K) miktarı üzerine önemli bir etkisi olmuş ( $p < 0,01$ ) ve SA2+B2 uygulamasında en yüksek %2,88 ve SA0+B0

uygulamasında ise en küçük K konsantrasyonu %2,14 ile saptanmıştır. Salisilik asit+bor uygulamalarının çilek meyvesinde kalsiyum içeriği üzerine etkisi uygulama dozlarına göre farklılık ( $p < 0,01$ ) göstermiş ve istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Uygulamaların kalsiyum içeriği %0,30-0,51 aralığında saptanmış olup SA0+B0 uygulamasında %0,30 ile en düşük değer, SA3+B3 uygulamasında ise %0,51 ile en yüksek değer elde edilmiştir. Uygulama dozlarının magnezyum içeriğine etkisi istatistiki olarak farklılık meydana gelmemiş ve aynı grup içerisinde yer almıştır. Salisilik asit+bor uygulamalarında magnezyum %0,16-0,23 aralığında saptanmış olup SA0+B0 uygulamasında %0,16 ile en düşük değer, SA3+B3 ve SA2+B2 uygulamasında ise %0,23 ile en yüksek değeri almıştır. Uygulamaların



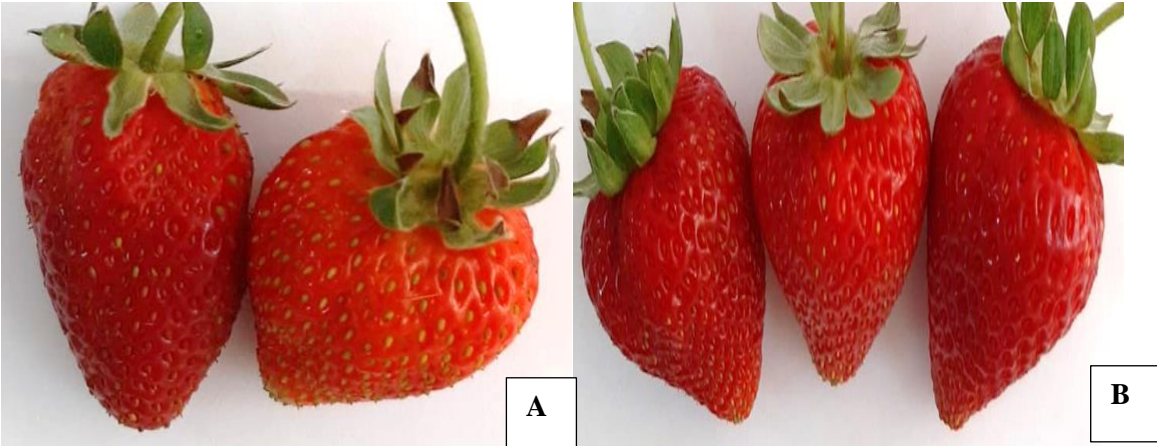
meyvede mikro besin elementlerinden B üzerine etkisi istatistiki olarak farklılık ( $p < 0,01$ ) göstermiş, 23,90 mg/kg değeri ile SA0+B0 uygulamasında en küçük ve 51,04 mg/kg ile SA3+B3 uygulamasında en yüksek

değeri almıştır. Uygulama dozlarına göre çilek meyvesindeki görüntüler (Şekil 2A, 2B ve Şekil 3A, 3B) verilmiştir.

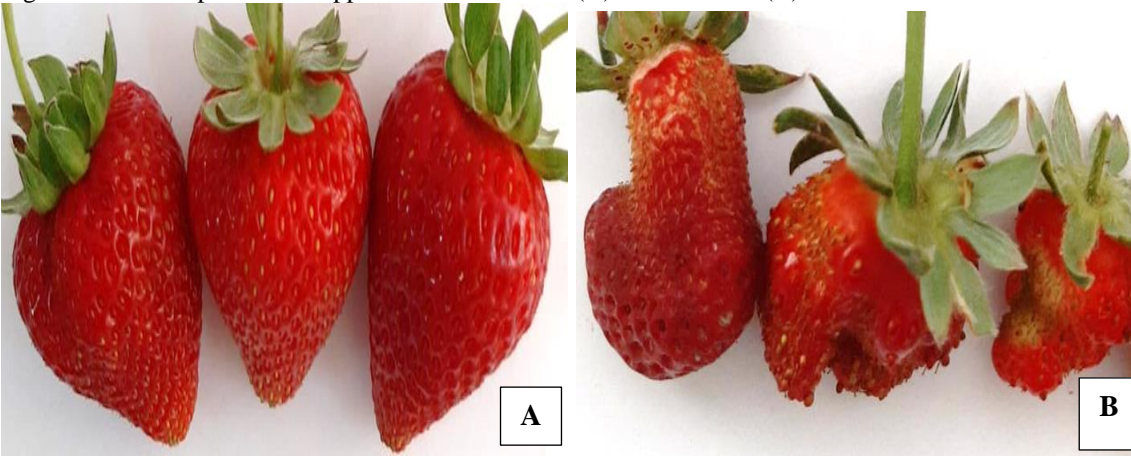
Çizelge 6. Meyvenin makro bitki besin elementleri konsantrasyonu.  
Table 6. Concentration of macro plant nutrients in the fruit.

Uygulamalar Treatments	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
SA0+B0	1,23±0,026b	0,21±0,008c	2,14±0,040b	0,30±0,008b	0,16±0,005
SA1+B1	1,65±0,017a	0,26±0,008b	2,30±0,006a	0,36±0,008b	0,20±0,012
SA2+B2	1,77±0,070a	0,32±0,016a	2,88±0,153a	0,46±0,036a	0,23±0,030
SA3+B3	1,32±0,017b	0,23±0,014bc	2,76±0,100b	0,51±0,020a	0,23±0,028
p değeri	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	öd

öd: önemli değil. ns: not significant.



Şekil 2. Yapraktan SA0+B0 (A) ve SA1+B1 (B) uygulamasındaki meyve şekli.  
Figure 2. Fruit shape in foliar application of SA0+B0 (A) and SA1+B1 (B).



Şekil 3. Yapraktan SA2+B2 (A) ve SA3+B3 (B) uygulamasındaki meyve şekli.  
Figure 3. Fruit shape in foliar application of SA2+B2 (A) and SA3+B3 (B).



Demir konsantrasyonu üzerine dozlar önemli ( $p < 0,01$ ) düzeyde farklı olmuştur ve 79,22-90,73 mg/kg aralığında saptanmıştır (Çizelge 7). Uygulamaları genel sonucu olarak Fe içeriği SA0+B0 uygulamasında en küçük değer ve SA2+B2 uygulamasında ise en yüksek değeri aldığı izlenmektedir. Meyvede Zn miktarı üzerine uygulamaların önemli ( $p < 0,01$ ) bir etkisi olmuş ve uygulamalara göre SA2+B2 uygulamasında en yüksek 22,44 mg/kg ve SA0+B0 uygulamasında ise en küçük Zn konsantrasyonu 16,72 mg/kg ile saptanmıştır. Salisilik asit (SA)+bor (B) uygulamalarının çilek meyvesinde Mn konsantrasyonu üzerine etkileri uygulamalara göre farklılık ( $p < 0,01$ ) göstermiş, 38,74-49,82 mg/kg aralığında saptanmıştır.

Uygulamalar içerisinde en yüksek Mn değeri SA3+B3 uygulamasında ve en küçük değer ise SA0+B0 uygulamasında saptanmıştır. Uygulamaların bakır üzerine önemli bir etkisi olmamış ve aynı grup içerisinde yer almıştır. Bakır konsantrasyonu genel olarak dar bir aralıkta değişim göstermiş ve 1,39-1,49 mg/kg aralığında belirlenmiştir. Meyvedeki element bileşimi Çeliktöpus ve Özekici, (2020) tarafından Fe (34,6–52,8 mg/kg), Zn (5,0-10,3 mg/kg), Mn (35,1–55,5 mg/kg), Cu (2,27–2,95 mg/kg) ve Bulduk ve Erdal (2012) tarafından Fe (46,0–15,0 mg/kg), Zn (9,0-25,0 mg/kg), Mn (11,9–71,1 mg/kg), Cu (5,0–9,0 mg/kg) belirtilmiş olan değerlere göre farklı bir seyir izlemiştir.

Çizelge 7. Meyvenin mikro bitki besin elementleri konsantrasyonu  
Table 7. Concentration of micro plant nutrients in the fruit

Uygulamalar Treatment	B (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
SA0+B0	23,90±1,854c	79,22±1,577b	16,72±0,826c	38,74±1,063b	1,39±0,036
SA1+B1	33,73±1,043b	83,49±1,871b	19,36±0,482b	42,02±1,761b	1,45±0,003
SA2+B2	40,15±1,255b	90,73±0,323a	22,40±0,625a	47,06±1,045a	1,49±0,064
SA3+B3	51,04±3,119a	80,31±2,643b	20,25±0,601b	49,82±0,304a	1,49±0,040
p değeri	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	öd

öd: önemli değil/ ns: not significant.

## SONUÇ

Salisilik ve bor kombinasyonu yaprakta uygulanmasının genel olarak çilek meyvesinin vejetatif büyümesi, fotosentetik pigmentlerden yapraktaki göreceli klorofil miktarlarını ifade eden SPAD değerinde, membran geçirgenliği ve yaprak ve meyvedeki mineral besin elementleri üzerine olumlu yönde etkili olduğu görülmüştür.

## LİTERATÜR LİSTESİ

Aghaeifard, F., M. Babalar., E. Fallahi., and A. Ahmadi. 2016. Influence of humic acid and salicylic acid on yield, fruit quality, and leaf mineral elements of strawberry (*Fragaria ananassa Duch.*) cv Camarosa. *Journal of Plant Nutrition* 39(13): 1821-1829.

Bor çok hassas bir elementtir ve bitkiler gereksinimleri açısından büyük farklılıklar gösterir. B'un eksiklik ve toksisite düzey aralığı dardır ve optimum B uygulama oranları bir topraktan diğerine farklılık gösterebildiğinden B yönetiminde dikkatli olmayı gerektirmektedir. Bu çalışmada genel olarak yaprak ve meyvede besin elementleri açısından SA2+B2 uygulaması önerilebilir.

Aras, S., and S. Eşitken. 2019. Dry matter partitioning and salt tolerance via salicylic acid treatment in strawberry plant under salt stress. *K.S.U Journal of Agriculture and Nature*. 22 (Suppl 2): 337-341.

Archana, N.P., and P. Verma. 2017. Boron deficiency and toxicity and their tolerance in plants: a review. *Journal of Global Biosciences* 6(4): 4958–4965.

- Bajji, M., J.M. Kinet., and S. Lutts. 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (*Chenopodiaceae*). *Canadian Journal of Botany* 80(3): 297-304.
- Berger, M. 2012. Potentiometric determination of chloride in natural waters: an extended analysis. *Journal of Chemical Education* 89(6): 812-813.
- Brdar-Jokanovic, M. 2020. Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. *International Journal of Molecular Sciences* 21(4): 1424.
- Bremner, J.M. 1965. Nitrogen Total. In: Sparks, D.L., Ed., *Methods of Soil Analysis Part 3*: pp. 1085-1122. Chemical Methods, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Bulduk, E.U., ve İ. Erdal. 2012. Genotipsel farklılığın çileğin mineral beslenmesi üzerine etkisi. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi* 29(1): 59-70.
- Çeliktopuz, E., ve B. Özekici. 2020. Çilek meyve ve yaprak mikro besin elementlerinin farklı sulama seviyeleri ile biyoaktivatör uygulamasına tepkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 30(1): 18-29.
- Fixen, P.E. 1993. Crop responses to chloride. *Advances in Agronomy* 50:107-150.
- Franksak, J., R. Rosa., A. Zaniewicz-Bajkowska., and D. Slonecka. 2019. Effects of boron application and treatment with effective microorganisms on the growth, yield and some quality attributes of broccoli. *Journal of Elementology* 24(4): 1335-1348.
- Gerdakaneh, M., A. Mozafari., A. Khalighi., and A.S. Mardah. 2010. The effects of exogenous proline and osmotic stress on morpho-biochemical parameters of strawberry callus. *African Journal of Biotechnology* 9(25): 3775-3779.
- Gupta, U.C. 1993. Factors Affecting Boron Uptake By Plants. In *Boron and its Role in Crop Production* pp. 87-104. Ed. U.C. Gupta. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Hancock, J.F. 2008. *Fragaria x ananasa* strawberry pp. 651-660. In: Janick, J., Paull, R.E. (Eds.), *The Encyclopedia of Fruits and Nuts*. CAB International, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hayat, Q., S. Hayat., M. Irfan., and A. Ahmad. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany* 68(1): 14-25.
- Heckman, N.L., G.L. Horst., R.E. Gaussoin., and B.T. Tavener. 2002. Trinexapac-ethyl influence on cell membrane thermostability of kentucky bluegrass leaf tissue. *Scientia Horticulturae* 92(2): 183-186.
- Jamali, B., S. Eshghi., and E. Tafazoli. 2011. Vegetative and reproductive growth of strawberry plants, cv. Pajaro affected by salicylic acid and nickel. *Journal of Agricultural Science and Technology* 13(6):895-904.
- Jones, J.R., J.B. Wolf., and H.A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook. A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*, pp. 213.
- Kacar, B., ve A. İnal. 2008. *Bitki Analizleri* s. 892. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kazemi, M., S. Zamani., and M. Aran. 2011. Effect of salicylic acid treatments on quality characteristics of apple fruits during storage. *American Journal of Plant Physiology*. 6(2): 113-119.
- Keskin, M., A. Arslan., ve Bal. 2017. Çilek bitkisi yaprak su içeriğinin renk ölçer ve klorofilmetre ile incelenmesi. *International Advanced Researches & Engineering Congress*. 16-18 November 2017, Osmaniye, Türkiye s. 2360-2368.
- Khan, A.N., R.H. Qureshi., and N. Ahmad. 2004. Salt tolerance of cotton cultivars in relation to relative growth rate in saline environments. *International Journal of Agriculture & Biology* 6(5): 786-787.
- Khan, M.I.R., M. Fatma., T.S. Per., N.A. Anjum., and N.A. Khan. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in Plant Science* 6:462.
- Korkmaz, K.. 2018. Çilekte su stresi altındaki bitkiler üzerine hüyük asit ve silikonun etkisinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Şanlıurfa*.
- Lieten, F. 1997. Zinc nutrition of strawberries grown on rockwool (Refereed). *Acta Horticulturae* 450: 215-220.
- Lott, W.L., J.P. Nery., J.R. Gall., and J.C. Medcoff. 1956. Leaf analysis techniques in coffee research. *IBEC Res. Inst. Pub.* 9: 21-24.
- Lynn, D.G., and M. Chang. 1990. Phenolic signals in cohabitation: implications for plant development. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 41:497-526.
- Marschner, H. 2012. *Mineral Nutrition of Higher Plants Third Edition*, Academic Press is an imprint of Elsevier.
- Merwad, M.A. Abdel-Rahman., M. Desokyb, El-Sayed., and M.M. Rady. 2018. Response of water deficit-stressed *vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. *Scientia Horticulturae*. 228(3): 132-144.

- Mobin, M., and N.A. Khan. 2007. Photosynthetic activity, pigment composition and antioxidative response of two mustard (*Brassica juncea*) cultivars differing in photosynthetic capacity subjected to cadmium stress. *Journal of Plant Physiology* 164(5): 601-610.
- Nazar, R., N. Iqbal., S. Syeed., and N.A. Khan. 2011. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. *Journal of Plant Physiology* 168(8): 807-815.
- Paranjpe, A.V., D.J. Cantliffe., E.M. Lamb., P.J. Stroppella., and C. Powell. 2003. Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl bromide soil fumigation. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 116: 98-105.
- Raskin, I. 1992a, Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 43(1): 439-463.
- Raskin, I. 1992b. Salicylate, a new plant hormone. *Plant Physiology*. 99 (3): 799-803.
- Shen, X., L., Zhou, Z.Y. Duan., A. Li., E. Eneji., and J. Li. 2010. Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. *Journal of Plant Physiology* 167(15): 1248-1252.
- Shi, Q., Z. Bao., Z. Zhu., Q. Ying., and Q. Qian. 2006. Effect of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. *Plant Growth Regulation* 48:127-135.
- Shireen, F., M. Nawaz., C. Chen., Q. Zhang., Z. Zheng., H. Sohail., J. Sun., H. Cao., Y. Huang., and Z. Bie. 2018. Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. *International Journal of Molecular Sciences* 19:1856.
- Tulipani, S., B. Mezzetti., F. Capocasa., S. Bompadre., J. Beekwilder., C.H.R. De Vos., E. Capanoglu., A. Bovy., and M. Battino. 2008. Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 696-704.
- TÜİK. 2023. Bitkisel üretim istatistikleri. Wolf, B. 1971. The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Soil Science and Plant Analysis* 2: 363-374.
- Yoshinari, A. and J. Takano. 2017. Insights into the mechanisms underlying boron homeostasis in plants. *Frontiers in Plant Science* 8: 1951.