



Şeker pancarında (*Beta vulgaris* L.) bor dozu ve sulama zamanlamasının verim ve bazı kalite parametreleri üzerine etkisi

Effect of boron dosage and irrigation timing on yield and some quality parameters in sugar beet (*Beta vulgaris* L.)

Orhan KURT¹ , Berkay KAYHAN² , Merve GÖRE^{3*} , Muhammet Safa HACIKAMİLOĞLU⁴ ,

^{1,2,4}Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun-Türkiye

³Ege Üniversitesi, Ödemiş Meslek Yüksekokulu, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Programı, İzmir-Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-5662-9372>; ²<https://orcid.org/0009-0002-1855-2340>; ³<https://orcid.org/0000-0001-9350-5910>; ⁴<https://orcid.org/0000-0002-2188-2765>

To cite this article:

Kurt, O., Kayhan, B., Göre, M. & Hacıkamiloğlu, M. S., (2025). Şeker pancarında (*Beta vulgaris* L.) bor dozu ve sulama zamanlamasının verim ve bazı kalite parametreleri üzerine etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 29(1): 35-48

DOI: 10.29050/harranziraat.1572451

*Address for Correspondence:

Merve GÖRE

e-mail:

merve.gore@ege.edu.tr

Received Date:

23.10.2024

Accepted Date:

19.02.2025

ÖZ

Bu araştırma, bor dozu ve sulama uygulamasının şeker pancarının (*Beta vulgaris* L.) kök verimi ve mineral madde konsantrasyonları üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırma 2022 yılında Kayseri ili Pınarbaşı ilçesi Pazarönü köyünde Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre üç tekerrürlü tarla denemesi olarak yürütülmüştür. Araştırmada üç şeker pancarı çeşidi (Salama, Portofina, Indira), 3 sulama uygulama zamanı (çıkış öncesi, 1. sulama ve 3. sulama) ve 3 Bor dozu (0=kontrol, 200 ve 400 g da⁻¹) uygulanmıştır. Araştırmada; pancar kök verimi, şeker oranı, azot (N), potasyum (K), sodyum (Na) ve toplam bor içeriği incelenmiştir. Araştırma sonucu; çeşitler arasında incelenen bütün parametreler bakımından önemli farklılığın olduğu, sulama zamanları arasında verim, K ve Bor içeriği bakımından, Bor uygulama dozları arasında ise verim, Na, K ve Bor içeriği bakımından önemli farklılığın olduğu belirlenmiştir. İlave olarak interaksiyonlardan çeşit x sulama interaksiyonunun Na ve K miktar; çeşit x Bor dozu interaksiyonunun verim, N, K ve Bor içeriği; çeşit x sulama zamanı x Bor dozu üçlü interaksiyonunun verim ve şeker oranı üzerinde önemli farklılıklar oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek pancar kök verimi 8682.10 kg da⁻¹ ile Indira çeşidinden çıkış öncesi sulama ve 200 g da⁻¹ bor dozu uygulamasından, en yüksek şeker oranı %16.54 ile Portofina pancar çeşidinin 1. Sulama zamanında bor uygulamasının kontrol grubundan elde edilmiştir. Elde edilen bulgular; dikkate alındığında Salama ve Portofina şeker pancarı çeşitlerinde sulamanın 3. zamanda ve 200 da-1 bor dozu kullanılarak yapılmasının, Indira şeker pancarı çeşidinde ise sulamanın çıkış öncesi ve 200 da-1 bor dozu kullanılarak yapılması önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Şeker pancarı, Bor gübrelemesi, sulama yönetimi, verim, mineral madde

ABSTRACT

This research was conducted to determine the effects of Boron dose and irrigation application on the root yield and mineral substance concentrations of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). For this purpose, a three-replication field experiment was conducted in Pazarönü village of Pınarbaşı district of Kayseri province in 2022 according to the Split Plots Experiment Design in Randomized Blocks. In the research, three sugar beet varieties (Salama, Portofina, Indira), 3 irrigation application times (pre-emergence,



1st Irrigation and 3rd Irrigation) and 3 Boron application doses (0=control, 200 and 400 g da⁻¹) were applied. In the research, beet root yield, sugar content, nitrogen (N), potassium (K), sodium (Na) and total boron content were examined. As a result of the research, it was determined that there were significant differences in all parameters examined among the varieties, significant differences in yield, K and Boron content among irrigation times, and significant differences in yield, Na, K and Boron content among Boron application doses. In addition, it was determined that variety x irrigation interaction caused significant differences on Na and K content, variety x Boron dose interaction caused yield, N, K and Boron content, variety x irrigation time x Boron dose triple interaction caused yield and sugar content. The highest sugar beet yield of 8682.10 kg da⁻¹ was obtained from Indira variety with pre-emergence irrigation and 200 g da⁻¹ boron dose application, and the highest sugar content of 16.54% was obtained from Portofina beet variety with boron application at the 1st irrigation time from the control group. Considering the findings, it can be recommended that Salama and Portofina sugar beet varieties should be irrigated at the 3rd time using a boron dose of 200 da⁻¹, while Indira sugar beet variety should be irrigated before emergence using a boron dose of 200 da⁻¹.

Key Words: Sugar beet, Boron fertilization, irrigation management, yield, mineral substance

Giriş

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.), dünya genelinde şeker üretiminde yaygın olarak kullanılan ve ekonomik değeri yüksek olan bir bitkidir. Şeker pancarı tarımı, sağlamış olduğu istihdam olanakları ve yarattığı katma değer ile ülkemizin tarım sektörü ve şeker endüstrisi için hayati önem taşımaktadır. Türkiye, yıllık 20 milyon ton civarında şeker pancarı ve 2.5-3 milyon ton civarında şeker üretimi yapmaktadır (TÜİK, 2024). Türkiye'deki şeker pancarı verimi dünya ortalamasına göre yüksek olup, genellikle hektar başına 60-70 ton civarındadır. Bu değer, modern tarım tekniklerinin kullanımına, sulama olanaklarına ve iklim koşullarına bağlı olarak bölgesel farklılıklar göstermektedir (Kanat, 2023).

Sürdürülebilir tarım sistemlerinde, verim ve kaliteyi optimize edebilmek için sulama, gübreleme, ilaçlama gibi yetiştirme tekniği paketi uygulamalarının yetiştirme sürecinde bitkiye zamanında ve dengeli bir şekilde uygulanması gerekir. Bor, bitki büyümesi ve gelişimi için hayati öneme sahip bir mikro besin elementidir. Özellikle hücre duvarı sentezi, membran bütünlüğü, karbonhidrat ve azot metabolizması gibi süreçlerde rol oynamaktadır (Marschner, 2012). Şeker pancarı, bor ihtiyacı nispeten yüksek olan bitkilerden birisi olup, özellikle kök gelişimi, şeker birikimi ve şeker oranı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bor eksikliğinde veya fazlalığında şeker pancarında büyüme, verim ve kalite olumsuz olarak etkilenmektedir (Saenz, 2001). Bor elementinin çok boyutlu işlevleri dikkate

alındığında; topraktaki bor noksanlığı ya da fazlalığı durumu bitki yetiştiriciliği açısından dikkate alınması gereken bir konudur. Toprakta bor noksanlık düzeyi 0,5 mg/kg olarak kabul edilmiş olmakla birlikte topraklardaki B yeterli sınıfında yer alsa bile B isteği yüksek olan şeker pancarında noksanlık belirtilerinin görülebileceği (Pendias, 2010), Kahramanmaraş ilinde tarım alanlarının yarayışlı B miktarının 0.01-0.99 mg kg⁻¹ B ile çok az ve az sınıfında yer aldığı (Yılmaz, 2020), Orta Anadolu'daki tarım alanlarının %62'sinde B noksanlığının olabileceği (Eyüpoğlu ve ark., 2002) rapor edilmiştir

Şeker pancarı bitkisi ile mikro besin elementi (Bor) ilişkisi birçok araştırmaya konu olmuştur. Nitekim yapılan araştırmalarda; en yüksek şeker verimi ve en iyi şeker kalitesi 100 ppm bor konsantrasyonunda elde edildiği (Abdel-Motagally, 2015), dekara 0,18 kg B uygulamasının yumru verimini artırdığı (Durak ve Ulutaş, 2017), şeker pancarına yaprak gübresi olarak Trisert-CB'nin uygulaması ile yaprak veriminin %19.4, kök-gövde veriminin %7.4 arttığı (Okurcan ve Er, 1999), yapraktan 1.0 kg ha⁻¹ Bor uygulaması ile kontrole göre kök veriminin %19.4 ve şeker veriminin %39.5 arttığı (Kristek ve ark., 2006), kontrole göre verimin; topraktan B uygulaması ile %6, yapraktan B uygulaması ile %8.7 arttığı, toprakta noksanlığı durumunda B uygulamasının verimi ve mineral madde miktarını artırdığı (Şener, 2015), Orta Anadolu koşullarında şeker pancarında 0.3 kg da⁻¹ bor'un toprak+yaprak, toprak ve yaprak şeklinde uygulamasının kök verimini sırası ile %12.5, %12.1 ve %11.1 ve

arıtılmış şeker verimini sırasıyla %8.7, %18.3 ve %3.5 oranında artırdığı (Gezgin ve ark., 2001), yaprak B konsantrasyonunun; yapraktan B uygulamasında 64 mg kg⁻¹, topraktan bor uygulamasında 42 mg kg⁻¹ ve toprak+yaprak B uygulamasında 58.5 mg kg⁻¹ olduğu, kök veriminin kontrole göre toprağa 0.30 kg da⁻¹ borun uygulamasında %5.7 ve toprak+yaprağa 0.45 kg da⁻¹ bor uygulamasında %7.4 arttığını, şeker veriminin kontrole göre; toprağa ve toprak+yaprağa 0.45 kg da⁻¹ bor uygulaması ile sırasıyla %3.8 ve %7.3 oranlarında arttığı (Gezgin ve ark., 2007) rapor edilmiştir.

Kahramanmaraş Elbistan'da toprak ve bitki örneklerinin büyük bir kısmının bor açısından kritik sınırların altında olduğunu, dekara 450 g B uygulamasının arıtılmış şeker veriminde %18.7'lik bir artış sağladığı ve bor gübrelemesinin şeker pancarı tarımında verim ve kaliteyi artırmada önemli bir rol oynadığı (Kara, 2022), aynı bölgede dekara 150 g B ve üzeri uygulamaların kök verimi ve arıtılmış şeker veriminde anlamlı artışlar sağladığı ve bor gübrelemesinin şeker pancarı tarımında verim ve kaliteyi artırmada etkili olduğu (Ceylan, 2021) ve aynı bölgede şeker pancarı üretiminde ekonomik ve çevresel açıdan 2-3 yılda bir dekara 0.6 kg B uygulaması gerektiği (Bilir ve Saltalı, 2023) rapor edilmiştir. Ayrıca yapılan araştırmalar bor uygulanma zamanının önemli olduğu, en yüksek kök ağırlığının çıkışı itibaren 60.günde 1.22 kg ha⁻¹ bor uygulamasından elde edildiği (Armin ve Asgharipour, 2012), 100 ve/veya 150 ppm B'un ekimden 90 gün sonra yapraktan uygulaması durumunda en yüksek kök ve şeker veriminin elde edildiği (Nemeata Alla, 2017) rapor edilmiştir.

Şeker pancarında verim ve kaliteyi etkileyen diğer önemli bir tarımsal faaliyet de sulamadır. Şeker pancarı su ihtiyacı fazla olan bir bitki olup, büyüme ve gelişim süreçlerinde su kritik bir rol oynar. Yetiştirme sezonu boyunca su stresine maruz kalması durumunda şeker pancarı verimi azalır, şeker oranı düşer. Dolayısıyla bitkinin su ihtiyacının çimlenme, vejetatif büyüme, kök ve şeker birikimi dönemi gibi kritik dönemlerde karşılanması, yüksek verim ve kaliteli şeker elde

edilmesi açısından hayati derecede önem taşımaktadır (Hoffmann ve ark., 2009). Nitekim Ankara koşullarında damla sulama yöntemi ile beş farklı N dozu (dekara 10, 13, 16, 19 ve 21 kg N) uygulanan şeker pancarında en yüksek şeker oranı dekara 10 kg N dozunda elde edildiği (Pişkin ve Ünal, 2014), Orta Anadolu koşullarında uygulanan farklı sulama programlarının şeker pancarının şeker oranı, potasyum (K), sodyum (Na) ve alfa-azot (α N) içerikleri üzerinde önemli etkileri olduğu, özellikle, sulama aralığı ve miktarının optimize edilmesinin, şeker pancarının kalite özelliklerini iyileştirdiği (Tarı ve ark., 2016), Kırşehir koşullarında sulama suyu miktarının artırılmasıyla kök veriminin ve şeker oranının arttığı, ancak, su israfını önleme açısından optimum sulama programlarının belirlenmesinin önemli olduğu (Kara ve Öztürk, 2022) bildirilmiştir.

Şeker pancarında bor dozu ve sulama zamanı arasındaki etkileşim, bitki verimi ve kalitesini doğrudan etkileyen diğer kritik bir faktördür. Bor elementinin bitki tarafından alınması ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi için suyun zamanında ve yeterli miktarda sağlanması gerekir. Bor elementinin taşınması ve kullanılabilir hale gelmesinde toprak nemi kritik rol oynadığı için Bor uygulaması ile sulama yönetiminin birlikte ele alınması, borun bitki tarafından alımını artırmak için sulama zamanının doğru bir şekilde tespit edilmesi gerekir (Nable ve ark., 1997). Yetersiz ya da aşırı sulama, Bor elementinin toprakta çözünürlüğünü ve bitki tarafından alımını olumsuz etkiler (Goldbach ve ark., 2001). Bu nedenle, şeker pancarı yetiştiriciliğinde Bor uygulaması ve sulama zamanlamasının birlikte ele alınması, bitkinin su ve besin elementlerine dengeli bir şekilde ulaşmasını sağlayacak koşulların sağlanması gerekir.

Bor mikro elementinin şeker pancarının verim ve kalitesine etkileri yukarıda da örnekleri verildiği gibi çeşitli araştırmacılar tarafından araştırılmasına karşın, bu araştırmanın yapıldığı bölgede, bu konu bugüne kadar araştırılmamıştır. Ayrıca, araştırma alanı topraklarının analizi sonucunda bor miktarının 0.47 mg kg⁻¹ olarak noksan seviyesinde

olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu araştırma; bölgede şeker pancarının verimini ve kalitesini olumsuz yönde etkileyen bor eksikliği sorununu, Bor gübrelemesini ve su yönetimini birlikte değerlendirerek, araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Metot

Araştırma alanının toprağı; hafif alkali, fazla kireçli ve toprak elektriksel iletkenliği (EC) hafif tuzsuz olup, araştırmanın yürütülmesinde önem arz eden alınabilir B içeriğı ise kritik (0.47 mg/kg) seviyededir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of the experimental soil

Özellik Feature	Değer Value	Sonuç Result
pH	7.70	Hafif Alkali
EC	1.21 dS m ⁻¹	Hafif
Tuz	% 0.0605	Tuzsuz
Kireç	% 19.30	Fazla kireçli
Fosfor	9.09 kg da ⁻¹	Yeterli
Potasyum	142.30 kg da ⁻¹	Yeterli
Bakır	0.32 mg kg ⁻¹	Yeterli
Demir	2.24 mg kg ⁻¹	Az
Çinko	1.02 mg kg ⁻¹	Yeterli
Mangan	2.26 mg kg ⁻¹	Yeterli
Kalsiyum	6744.0 mg kg ⁻¹	Fazla
Magnezyum	543.1 mg kg ⁻¹	Fazla
Sodyum	85.2 mg kg ⁻¹	Fazla
Bor	0.47 mg kg ⁻¹	Az

Araştırmada bitki materyali olarak Salama (kök tipi), Portofina (şeker tipi) ve Indira (kök-şeker tipi) olmak üzere bölgede sözleşmeli şeker pancarı tarımı yaptıran KWS şirketine ait 3 pancar çeşidi kullanılmıştır. Bor uygulaması çıkış öncesi, 1. sulama (6 yapraklı dönen) ve 3. sulama (10 yapraklı dönem) olmak üzere 3 farklı sulama zamanında sulama suyu ile damla sulama sistemi içinde homojen bir biçimde ve aynı yoğunluk ve su basıncında olacak şekilde uygulanmıştır. Bor gübresi kontrol, 200 g da⁻¹ ve 400 g da⁻¹ olmak üzere 3 farklı uygulama dozu olacak şekilde uygulanmıştır.

Deneme yeri toprağı ekime hazır duruma getirildikten sonra bütün parsellere dekara 10 kg N ve 10 kg P₂O₅ olacak şekilde üre gübresi formunda serpilip karıştırılarak uygulanmıştır. Daha sonra dekara 5 kg N ikinci çapa ve 5 kg N'da birinci su öncesi (üre gübresi formunda) olmak üzere ekim öncesiyle birlikte dekara toplam 20 kg saf N uygulanmıştır.

Deneme, Tesadüf Bloklarında Bölünen Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre 3 tekerrür olarak kurulmuştur. Ekim, 2022 yılı Nisan

ayının son haftasında, pnömatik mibzer kullanılarak yapılmıştır. Denemede; çeşitler ana parsellerde, sulama uygulaması alt parsellerde ve Bor gübre dozları alt-alt parsellerde yer almıştır. Her bir parselde 4,5 m uzunluğunda 6 sıra yer almış olup, sıra arası 45 cm ve sıra üzeri 18 cm olarak ayarlanmıştır. Denemede her bir parsel alanında (4.5m x 0.45 x 6 = 12.15 m²) toplam 150 (25 x 6) bitki yer almıştır. Denemenin yürütüldüğü periyot boyunca; şeker pancarı yetiştiriciliğinde rutin olarak önerilen bakım işlemleri yapılmıştır. Denemenin hasadı, şeker pancarı şeker pancarı bitkileri fizyolojik olgunluğa eriştikleri 15.10.2023 tarihinde yapılmıştır. Hasat öncesi, her bir parselin her iki başından 0.54 m (3'er bitki) ve her iki kenardan birer sıra (0.45 x 2 = 0.9 m) kenar tesiri olarak atılmıştır. Geriye kalan hasat alanındaki (1.80 x 3.42 m = 6.156 m²) bitkiler (19 x 4 = 76 bitki) hasat beli kullanılarak, kökleri zarar görmeyecek hassasiyette sökülmüştür.

Araştırmada pancar verimi (kg da⁻¹) için her parselin hasat alanından elde edilen toplam yumru ağırlıkları tartılıp, dekara çevrilmiş ve kg olarak kaydedilmiştir. Araştırmada incelenen

şeker oranı, azot, potasyum ve Na miktarı için gerekli analizler Kayseri Şeker Fabrikası Kalite Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. Şeker oranı (%) için her parselden rastgele seçilen 10 yumru örneği ortadan ikiye ayrılmış ve orta kısımdan bir damlaya çıkacak şekilde pancar sıyrılmıştır. Dijital refraktometre ile kuru madde içeriğinden elde edilen ve cihazda okunan değer 0.8 ile çarpılarak şeker oranı belirlenmiştir. Daha sonra ölçülen 10 yumru örneğinin ortalaması alınarak yumrudaki ortalama şeker oranı (%) hesaplanmıştır. Toplam azot (N) içeriği Kjeldahl Yöntemi kullanılarak (Chapman ve Pratt, 1961) belirlenmiştir. Toplam potasyum (K) miktarını hesaplamak için bitki örnekleri kül fırınında yakıldıktan sonra 3N HCl ile ekstrakt edilmiş ve çözeltideki K alev fotometresinde okunarak bulunmuştur. Toplam sodyum (Na) miktarını hesaplamak için Nitrik asit ve perklorik asit ($\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$) ile yakılan yaş bitki numunelerinde Na içeriği ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir. Toplam Bor miktarının analizi ICPOes Yöntemine (Kacar ve İnal, 2008) göre OMÜ, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında yapılmıştır.

Elde edilen verilerin analizinde SPSS Statistics Programı Ver 17.0 kullanılmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi (Gomez ve Gomez, 1984) kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Pancar kök verimi

Yapılan analiz sonucu; çeşit, sulama zamanı, bor uygulaması, çeşit x bor uygulama interaksyonu ve çeşit x sulama zamanı x bor uygulama üçlü interaksyonlarının kök verimi bakımından istatistiki anlamda önemli farklılıklar oluşturduğu saptanmıştır (Çizelge 2 ve Çizelge 3). En yüksek kök verimi Indira çeşidinden ($8047.15 \text{ kg da}^{-1}$) elde edilmiştir. Ayrıca en yüksek kök verimi $7789.44 \text{ kg da}^{-1}$ ile çıkış öncesi sulamadan, $8311.04 \text{ kg da}^{-1}$ ile 200 g da^{-1} bor uygulama dozunda elde edilmiştir. Çeşit x bor uygulaması interaksyonu incelendiğinde en yüksek kök verimi Salama çeşidinin 200 g da^{-1} ve 400 g da^{-1} bor dozu (sırasıyla 8545.27 ve $8477.88 \text{ kg da}^{-1}$)

uygulanmasında belirlenmiştir. Çeşit x sulama x bor dozu üçlü interaksiyon bakımından en yüksek kök verimi Indira çeşidinin çimlenme öncesi sulama zamanının 200 g da^{-1} bor dozu uygulamasından ($8682.10 \text{ kg da}^{-1}$) ve Salama çeşidinin 3. sulama zamanı ile çıkış öncesi sulama zamanında 200 g da^{-1} bor dozu uygulamalarından (sırasıyla 8660.49 ve $8635.80 \text{ kg da}^{-1}$) elde edilmiştir (Çizelge 2 ve Çizelge 3).

Pancar kök verimi, birim alandan elde edilen pancar miktarını ifade eder ve şeker pancarı yetiştiriciliğinde üretim miktarının değerlendirilmesinde en önemli göstergedir. Kök verimi, pancar üretiminde karlılığı doğrudan etkileyen bir faktördür. Kök verimi, pancarın büyüklüğü, kök gelişimi ve genel sağlığıyla da ilişkilidir. Yüksek kök verimi, bitkinin sulama, gübreleme ve besin elementlerinden iyi bir şekilde yararlandığının da bir göstergesidir. Şeker pancarı, suya oldukça hassas bir bitkidir ve yeterli su temini bitkinin verimini doğrudan etkiler. Yetersiz sulama bitkinin gelişimini sınırlandırabileceği gibi kök büyümesini de engelleyebilir. Aşırı sulama ise köklerde çürüme ve hastalıkların etkinliğinin artmasına zemin hazırlayarak verimi düşürebilir. Optimum sulama zamanı, bitkinin maksimum verim kapasitesine ulaşmasına olanak sağlar. Bu nedenle, sulama zamanlaması ve miktarının dengeli bir şekilde uygulanması zorunludur. Şeker pancarında sulama yönetimi özellikle su yetersizliğine duyarlı olan bitki gelişiminin erken aşamalarında kritik bir rol oynar (Kenter ve ark., 2006). Nitekim bu araştırmada çıkış öncesi yapılan sulamadaki pancar veriminin ($7789.44 \text{ kg da}^{-1}$) 1. Sulama zamanındaki pancar verimine göre %0.83 ($7725.31 \text{ kg da}^{-1}$) ve 3. sulama zamanındaki pancar verimine göre ise %1,57 ($7668.90 \text{ kg da}^{-1}$) daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Eksik sulama stratejilerinin şeker pancarı verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerinin incelendiği bir araştırmada da suyun uygun zamanda ve optimal düzeyde kullanılması ile şeker pancarı kök veriminde bir düşüş olmadan su tasarrufu sağlanabileceği ancak, büyüme döneminde şeker pancarına yeterli miktarda su verilmemesi durumunda kök

veriminin önemli ölçüde azalmakta olduğu (Kıymaz ve Ertek, 2015), sulama aralığı ve miktarının optimize edilmesinin şeker pancarında kalite özelliklerini iyileştirdiği (Tarı ve ark., 2016) belirlenmiştir.

Bor, hücre bölünmesi ve büyümesinde rol oynayan önemli bir elementtir. Özellikle kök gelişimi ve şeker birikimi için kritik öneme sahiptir. Bor yetersizliğinde köklerin gelişimi ve kök verimi olumsuz etkilenir. Bor uygulaması köklerin daha güçlü gelişmesini sağlayarak, kök verimini artırır (Enan ve ark., 2016; Nemeata Alla, 2017; Abdel-Nasser ve Ben Abdalla, 2019). Yapılan bir araştırmada bor uygulaması ile kök veriminin kontrole (7223 kg da^{-1}) göre %12.65 daha yüksek (8137 kg da^{-1}) olduğu belirlenmiştir (Pişkin, 2022). Bu araştırmada da 200 g da^{-1} bor uygulaması ile kontrole ($7235.94 \text{ kg da}^{-1}$) göre %14.86 daha fazla kök verimi ($8311.04 \text{ kg da}^{-1}$) elde edildiği orta Anadolu'da yapılan bir başka araştırma da dekara 0.3 kg bor uygulamasının kök verimini %12,1 oranında artırdığı (Gezgin ve ark., 2001) belirlenmiştir.

Bu araştırmada her ne kadar sulama zamanı ve bor interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmamış olmakla birlikte çıkış öncesi, 1. sulama (6 yapraklı) ve 3. sulama (10 yapraklı) olmak üzere her üç dönemde de su ve bor uygulamasının kontrole göre pancar veriminde artış ortaya koyduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan çeşit x sulama x bor üçlü interaksyonunun istatistiki anlamda önemli olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu; sulama ve bor uygulaması yapılacaksa çeşit faktörünün de daima göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir. Nitekim üçlü interaksyonlar dikkate alındığında bütün çeşitlerde ve bütün sulama zamanlarında bor uygulamasının kontrole göre pancar verimini artırdığı belirlenmiştir. Bor eksikliği özellikle kuru koşullarda daha yaygındır ve yetersiz sulama borun bitki tarafından kullanılabilirliğini sınırlar. Yetersiz veya düzensiz sulama koşullarında bitkinin bor alımı azalacağı için özellikle şeker pancarı gibi bor ihtiyacı yüksek bitkilerde verim kaybına neden olur (Brown ve ark., 2002).

Şeker oranı (%)

Araştırma sonucu; çeşit ve çeşit x sulama zamanı x bor uygulaması üçlü interaksyonunun şeker oranı bakımından önemli farklılıklar oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek şeker oranı %16.24 ile Portofina pancar çeşidinden elde edilmiştir. Üçlü interaksyon bakımından en yüksek şeker oranı ise Portofina çeşidinin 1. ve 3. sulama zamanlarının kontrol grubundan (sırasıyla %16.54 ve %16.45) ve Indira çeşidinin 1. sulama zamanı ile 200 g da^{-1} bor dozu uygulamasından (%16.46) elde edilmiştir (Çizelge 2 ve Çizelge 3).

Şeker oranı, şeker pancarı üretiminin ana hedeflerinden biridir. Şeker pancarının kökünde biriken şeker miktarı, yetiştiricilikte ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır. Şeker oranı, doğrudan pancarın kalitesini ve elde edilecek şeker miktarını belirler. Şeker pancarının şeker oranı üzerine çeşit, iklim, bitki besin elementleri, sulama, hastalık vb. birçok faktör etkilidir. Şeker pancarında oluşan ürün miktarı arttıkça şeker miktarı düşmektedir. Bu araştırmada elde edilen sonuçlar da bu durumu teyit etmektedir. Sulama zamanı, bitkinin şeker üretimi üzerinde doğrudan etkilidir. Aşırı sulama, pancar içinde su birikmesine ve şekerin köklerde yeterince yoğunlaşmamasına neden olabilir, bu da şeker oranını düşürür. Yetersiz sulama ise bitkide su stresine yol açarak fotosentez kapasitesini ve dolayısıyla şeker üretimini azaltır. Nitekim şeker pancarına uygulanan sulama rejimlerinin bitki büyümesi ve şeker kalitesi üzerinde belirgin bir etkisi olduğu, özellikle büyümenin kritik dönemlerinde doğru sulama yapılmamasının hem şeker oranını hem de verimi olumsuz etkilediği, yetersiz sulama durumunda ise kök büyümesinin sınırlanmış olduğu ve kökteki şeker oranının azaldığı tespit edilmiştir (Milford ve ark., 1985). Diğer taraftan şeker oranı ve veriminin artırılması için bor uygulamasının sulama rejimiyle birlikte ele alınması gerektiği (Abdel-Nasser ve Ben Abdalla, 2019), bor eksikliğinin şeker pancarında hücre bölünmesini ve şeker birikimini engelleyerek şeker oranının azalabileceği (Kacar ve ark., 2009), borun bitki metabolizmasında

karbonhidrat sentezi ve taşınmasında kritik rol oynadığı bilinmektedir. Bununla birlikte kullanılan çeşitlerin sulama ve bor uygulamasına karşı göstermiş oldukları tepkiler şeker oranının değişmesinde de önemli bir faktördür. Nitekim bu araştırmada ele alınan çeşitler ve çeşit x sulama x bor üçlü interaksyonu dışında diğer uygulamaların istatistiki anlamda önem arz etmemesi, bor ve sulama uygulamasının yalın olarak uygulanmasının her zaman beklendiği gibi bir sonuç ortaya koyamayacağını göstermektedir. Diğer taraftan bor uygulamasının Salama pancar çeşidinde olduğu gibi erken su uygulamaları ve yüksek bor dozlarında şeker oranını artırabileceği tespit edilmiştir. Çeşitler arasında bu tür farklılıkların ortaya çıkması hiç şüphesiz ki genotip faktörünün metabolik faaliyet üzerindeki etkisinin yoğunluğunu göstermesi bakımından önem arz etmektedir. Nitekim borun uygun düzeyde uygulanmasının şeker oranını artırdığına ilişkin birçok araştırmalar mevcuttur. Kristek ve ark. (2006) bor uygulamasıyla en yüksek %14.92 şeker oranı elde ettiklerini; Abbas ve ark. (2014) yapraktan 0.25 g L^{-1} bor uygulamasıyla şeker oranının %16.1'e yükseldiğini bildirmişlerdir.

Sodyum (Na) miktarı

Araştırmada bitkide Na miktarı çeşit, bor uygulaması ve çeşit x sulama zamanı interaksyonu bakımından önemli farklılıklar ortaya koymuştur ($p < 0.05$). Çeşit bazında en düşük Na miktarı Salama çeşidinden ($1.31 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$) elde edilmiştir. Bor uygulaması bakımından en düşük Na miktarı kontrol dozundan ($1.48 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$) elde edilmiştir. Çeşit ve sulama zamanı interaksyonu değerlendirildiğinde; bitkide en düşük Na miktarı Salama çeşidinin çimlenme öncesi sulama zamanından ($1.25 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$) elde edilmiştir (Çizelge 2 ve Çizelge 3).

Şeker pancarı gibi bazı bitkiler, düşük seviyelerde sodyumdan fayda görebilir; sodyum,

su ve iyon dengesinin korunmasına yardımcı olur. Ancak, sodyumun fazla olması toprakta tuzluluk sorunlarına neden olabilir ve bu da bitkilerde osmotik stres yaratarak su ve besin alımını zorlaştırır. Şeker pancar kökünde bulunan ve şeker dışı maddeler arasında melas oluşturmalar olarak bilinen sodyum varlığı büyük önem taşımaktadır. Sodyum, sakarozun suda çözünürlüğünü artırır, dolayısıyla kristalizasyonu zorlaştırarak melasın şeker miktarını yükseltir. Bu nedenle şekerin arıtılmasını güçleştiren sodyum varlığının şeker pancarı kökünde düşük olması istenir. Pancarda Na miktarının fazlalığı safiyet bozucu olarak değerlendirilir ve şeker pancarında Na içeriğinin $1.74 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$ 'dan yüksek olması istenmez (Akyar ve ark., 1980). Yapılan bir araştırmada şeker pancarı kökünün Na içeriğinin $1.69\text{-}1.90 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$ pancar arasında değiştiği rapor edilmiştir (Pişkin, 2021). Bu araştırmada da Na içeriğinin çeşitler arasında $1.31\text{-}1.79 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerlerin üst sınırı ($1.79 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$) şeker pancarında Na'nın bulunmaması gereken üst sınır değerlerinin ($1.70 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$) sınırında yer almaktadır. Na miktarının değişkenlik göstermesinde başta kullanılan şeker pancarı çeşitleri olmak üzere yetiştiricilikte uygulanan sulama ve gübreleme gibi yetiştirme tekniği paketi elemanları rol oynaması beklenir. Nitekim bu araştırmada Bor uygulamasının Na miktarını kontrole ($1.46 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$) göre az da olsa bir miktar artırmış olması, bu durumu yansıtmaya açısından önemli bir bulgudur.

Sulama zamanı, toprakta sodyum birikimini doğrudan etkiler. Bu araştırmada da her ne kadar istatistiki anlamla önemli düzeyde olmasa da özellikle geciken sulamanın, Na miktarını az da olsa artırdığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, şeker pancarında Na birikimi açısından sulamanın erken dönemde yapılmasının daha uygun olduğunu göstermesi bakımından önemli bir bulgu olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 2. İncelenen parametrelere ait ana faktörlerin ortalamaları ve analiz sonucu F değerleri

Table 2. Averages of main factors of the examined parameters and F values as a result of the analysis

Faktörler Factors		Sodyum <i>Sodium</i> (<i>mmol</i> <i>100 g⁻¹</i>)	Azot (N) <i>Azote</i> (<i>mmol</i> <i>100 g⁻¹</i>)	Potasyum (K) <i>Potassium</i> (<i>mmol 100</i> <i>g⁻¹</i>)	Şeker Oranı <i>Sugar</i> <i>Sugar</i> Rate (%)	Pancar verimi <i>Sugar</i> <i>beet yield</i> (g da ⁻¹)	Toplam bor miktarı <i>Total boron</i> <i>amount</i> (ppm kg ⁻¹)
Çeşit	Salama (S)	1.31 a	1.66ab	4.27 a	15.79 b	7672.15 b	82 b
	Portofina (P)	1.64 b	1.51 a	4.59 b	16.24 a	7464.33 c	86 ab
	Indira (I)	1.79 c	1.94 b	4.88 c	15.89 b	8047.15 a	92 a
	F Value	10.81**	16.62*	84.73**	11.93**	79.58**	5.26**
Sulama Zamanı	Çimlenme Öncesi (ÇÖ)	1.59	1.75	4.68 b	15.92	7789.44 a	91 a
		1.56	1.69	4.60 b	16.03	7725.31ab	83 b
	1.sulama	1.60	1.66	4.48 a	15.98	7668.90 b	86 ab
	3.sulama	0.51ns	2.16ns	5.04*	0.99 ns	3.11**	3.61**
	F Value						
Bor Uygulaması	Kontrol	1.48 a	1.76	4.72 b	16.07	7235.94 c	78 b
	200	1.65 b	1.67	4.49 a	15.91	8311.04 a	79 b
	400	1.63 b	1.67	4.53 a	15.95	7636.66 b	104 a
	F Value	7.84 **	1.12ns	8.90**	2.06 ns	269.87**	44.65**

Bor, hücre duvarının güçlendirilmesi ve iyon dengesi üzerinde etkili olduğundan, bor eksikliği sodyum toksisitesine karşı bitkiyi daha hassas hale getirerek verim ve kalitenin bozulmasına sebep olabilir. Bu araştırmada bor uygulamasının Na miktarını kontrole göre (1.48 mmol 100 g⁻¹) az da olsa artmasına sebep olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu artış, şeker pancarında Na miktarının üst sınır olarak kabul edilen (1.70 mmol 100 g⁻¹) değerlerin altındadır (200 g da⁻¹ bor dozu için 1.65 mmol 100 g⁻¹ ve 400 g da⁻¹ bor dozu için 1.63 mmol 100 g⁻¹). Şeker pancarı gibi tuza duyarlı bitkilerde, bor dozunun ve sulama zamanlamasının birlikte yönetilmesi gerektiği, bu faktörlerin sodyum birikimini doğrudan etkilediği bildirilmiştir (Grattan ve Grieve, 1999). Nitekim bu araştırmadan elde edilen bulgular, sulama x bor interaksyonunun Na bakımından istatistiki anlamda önemli ölçüde değişmediğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte sulama x bor interaksyonunda sulamanın gecikme durumuna bağlı olarak Na miktarının artmış olduğu ancak bu artışa rağmen şeker pancarı için kabul edilen Na miktarının üst sınırının altında değerlere sahip oldukları belirlenmiştir. Diğer taraftan Sulama x Bor interaksyonuna benzer bir biçimde çeşit x sulama x bor interaksyonunda da Na miktarındaki değişimler, Indira çeşidinin 1. sulama 400 g da⁻¹ bor dozu ve 3. Sulama 200 g da⁻¹ bor dozu hariç, şeker pancarı için üst sınır kabul edilen değerlerin altındadır. Bu sonuç; bor uygulamasının şeker

pancarında sulama ve çeşit faktörü dikkate alınarak yapılması gerektiğini göstermektedir.

Azot (N) miktarı

Araştırmada bitkide N miktarının çeşit ve çeşit x bor uygulaması interaksyonu açısından istatistiki anlamda farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir. Çeşit bazında değerlendirildiğinde; bitkide en düşük N değeri 1.51 mg 100 g⁻¹ ile Portofina çeşidinden elde edilmiştir. Çeşit x Bor uygulaması interaksyonu bakımından ise en düşük N değeri 1.46 mg 100 g⁻¹ ile Portofina çeşidinin 200 g da⁻¹ bor uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2 ve Çizelge 3).

Azot, bitkilerde büyüme ve gelişme için en önemli makro besin elementlerinden birisidir. Özellikle şeker pancarı gibi yüksek verimli bitkilerde, azotun yeterli düzeyde alınması, bitkinin genel sağlığını ve buna bağlı olarak fotosentez kapasitesini doğrudan etkiler. Azot aynı zamanda bitkide karbonhidrat metabolizmasını düzenleyerek, şeker pancarı gibi köklerinde şeker birikimi yapan bitkilerde önem arz eder. Azotlu bileşikler şeker işleminde çöktürülemediğinden azot içeriğinin düşük olması istenir (Mahn ve ark., 2002). Ayrıca abiyotik stresi bulunmayan ve sağlıklı şeker pancarında azot içeriği 1.30-1.70 mmol 100 g⁻¹ pancar arasında değişir (Armstrong ve Milford, 1985). Ancak bitki büyüme ve gelişmesi açısından uygulanması gereken azotlu gübrelemeler, bitki azot içeriğini

artırır ve 2.86 mmol 100 g⁻¹ pancar üzerindeki değerler pancarın fabrikasyonunu olumsuz etkiler (Akyar ve ark., 1980).

Bu araştırmada çeşitler, uygulamalar ve interaksiyonlara ilişkin elde edilen N miktarı değerleri, fabrikasyon açısından sorun oluşturduğu kabul edilen değer altındadır. Yapılan bir araştırmada da kompoze gübre kullanıldığında şeker pancarındaki azot içeriğinin 1.32-1.80 mmol 100 g⁻¹ pancar arasında değiştiği belirlenmiştir (Pişkin, 2021). Azot metabolizması bor ve sulama gibi yetiştirme tekniği paketi uygulamaları ile yakından ilişkilidir (Kaur ve Gupta, 2005). Azot, bitkide protein sentezi ve büyüme için kritik bir elementtir ve bor eksikliği veya düzensiz sulama, azotun etkin kullanımını sınırlandırarak bitki büyümesini yavaşlatabilir. Ayrıca suyun bitkinin ihtiyacı olduğu zamanda alınmaması, azotun kök bölgesinden bitki bünyesine taşınmasını engeller. Bu da verim ve kalitenin azalmasına etki eder. Nitekim bu araştırmada geciken sulama uygulaması, bor dozu uygulaması ve çeşit bor interaksiyonu kontrole göre N miktarının istatistiki anlamda önemli olmasa da azalmasına sebep olduğu tespit edilmiştir.

Bitkide potasyum (K) miktarı

Araştırmadan elde edilen verilerin istatistiki değerlendirmesi sonucu; bitkide K miktarı açısından çeşit, sulama zamanı, bor uygulaması, çeşit x sulama zamanı ve çeşit x bor uygulaması interaksiyonu bakımından önemli istatistiki farklılıklar belirlenmiştir. Bitkide en düşük K miktarı Salama çeşidi (4.27 mmol 100 g⁻¹); 3.sulama zamanı (4.48 mmol 100/g); 200 g da⁻¹ bor uygulamalarından (4.49 mmol 100 g⁻¹) elde edilmiştir. Ayrıca çeşit ve sulama zamanı interaksiyonu açısından bitkide en düşük potasyum miktarı Salama çeşidinin 3.sulama zamanından (4.17 mmol 100 g⁻¹) elde edilirken, çeşit ve bor uygulaması interaksiyonu bakımından en düşük potasyum miktarı Salama çeşidinin 400 g da⁻¹ bor uygulamasında (4.17 mmol 100 g⁻¹) tespit edilmiştir (Çizelge 2 ve Çizelge 3).

Potasyum, bitkilerin su dengesi, hücre içi iyon

dengesi ve karbonhidrat taşınımı gibi süreçlerde önemli rol oynayan bir makro besin elementidir. Potasyum, stomaların açılıp kapanmasını kontrol ederek bitkide su kullanımını düzenler. Şeker pancar kökünde bulunan ve şeker dışı maddeler arasında melas oluşturuca olarak bilinen potasyum oldukça önemlidir. Potasyum sakarozun suda çözünürlüğünü artırır, dolayısıyla şekerin kristalleşmesini zorlaştırarak melasın şeker miktarını yükseltir. Bu nedenle şekerin artırılmasını güçleştiren ve şeker pancarı kökünün kalite değerlerinden olan potasyum varlığının düşük olması istenmektedir. Şeker pancarında potasyumun optimum düzeyde bulunması, köklerde şeker birikimini artırır ve bitkinin stres koşullarına karşı direncini yükseltir. Ancak şekerin artırılmasını zorlaştırdığı için potasyum içeriğinin düşük olması arzu edilir. Ayrıca şeker pancarı kökünün potasyum içeriğinin 5.38 mmol 100 g⁻¹ pancar değerini aşması durumunda, şekerin kristalleşmesi de engellenir (Akyar ve ark., 1980).

Yapılan araştırmalarda potasyumca yeterli olan alanda yetiştirilen şeker pancarı kökünün potasyum içeriğinin 3.1-4.9 mmol 100 g⁻¹ pancar arasında değiştiği bildirilmiştir (Bee ve ark., 1997; Okut ve Yıldırım, 2004; Amrstrong ve ark., 2010). Bir başka araştırmada da kompoze gübre uygulandığında şeker pancarı kökü potasyum değerlerinin 4.13-4.32 mmol 100 g⁻¹ pancar arasında değiştiği rapor edilmiştir (Pişkin, 2021). Bu araştırmada da potasyum içeriğinin 3.92 - 5.34 mmol 100 g⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Bor uygulanması veya sulamanın geciktirilmesi durumunda potasyum içeriğinin azalmış olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bir araştırmada da bor uygulamasının potasyum içeriğini düşürdüğü rapor edilmiştir (Nemeata Alla, 2017). Ancak başka bir araştırma sonucu bor uygulamasının şeker pancarı bitkisinin potasyum içeriğini etkilemediği şeklinde rapor edilmiştir (Enan ve ark., 2016). Elde edilen bu sonuçlar, bitkideki potasyum içeriği bakımından yapılacak sulama veya bor gübrelemesi gibi kültürel uygulamaların birbirleri üzerindeki etkilerinin daima göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir. Nitekim bor ve potasyumun bitki bünyesinde

birbirleriyle etkileşimde oldukları ve her iki elementin de hücre genişlemesi, enzim aktivasyonu ve iyon dengesinde rol oynadıkları, farklı bor dozlarının ve sulama rejimlerinin, bitkide potasyum taşınımını etkilediği rapor edilmiştir (Cakmak, 2005).

Bor miktarı

Araştırma sonucu elde edilen veriler değerlendirildiğinde; bitkideki toplam bor miktarı bakımından çeşit, sulama zamanı, bor uygulaması ve çeşit x bor uygulaması interaksyonu

bakımından istatistiki farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). En yüksek toplam bor miktarı 92 ppm kg^{-1} ile Indira çeşidinden, sulama açısından da 91 ppm kg^{-1} ile çimlenme öncesi sulama zamanından ve bor uygulama dozu bakımından 104 ppm kg^{-1} ile 400 g da^{-1} bor dozundan elde edilmiştir. Çeşit x bor uygulaması interaksyonu bakımından ise en yüksek bor miktarı 119 ppm kg^{-1} ile Indira 400 g da^{-1} bor uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2 ve Çizelge 3).

Çizelge 3. İncelenen parametrelere ait ana faktörlerin interaksyonlarına ilişkin verilerin ortalamaları ve analiz sonucu F değerleri

Table 3. Averages of data related to interactions of main factors of the examined parameters and F values as a result of analysis

Faktörlerin İnteraksiyonları <i>Interactions of factors</i>	Sodyum <i>Sodium</i> (mmol 100 g^{-1})	Azot (N) <i>Azote</i> (mmol 100 g^{-1})	Potasyum (K) <i>Potassium</i> (mmol 100 g ⁻¹)	Şeker Oranı <i>Sugar Rate</i> (%)	Pancar verimi <i>Sugar beet yield</i> (kg da^{-1})	Toplam bor miktarı <i>Total boron amount</i> (ppm kg^{-1})
Çeşit x Sulama Zamanı İnteraksyonu						
S x ÇÖ	1.25 a	1.71	4.32 b	15.91	8405.86	85
S x 1.su	1.40 c	1.68	4.31 b	15.64	8191.35	71
S x 3.su	1.31 b	1.59	4.17 a	15.83	8335.90	81
P x ÇÖ	1.74 e	1.56	4.72 de	16.12	7281.89	84
P x 1.su	1.54 d	1.45	4.61 d	16.36	7281.89	77
P x 3.su	1.65 de	1.50	4.47 c	16.26	7144.03	74
I x ÇÖ	1.79 fg	1.98	4.99 f	15.73	7680.55	105
I x 1.su	1.74 f	1.92	4.88 ef	16.10	7702.67	101
I x 3.su	1.84 g	1.88	4.79 e	15.85	7526.75	106
F Value	3.39**	0.36ns	0.19**	0.66ns	1.12ns	1.24ns
Çeşit x Bor Dozu İnteraksyonu						
S x Kontrol	1.23	1.62 c	4.20 b	16.12	7909.98 b	89 b
S x 200	1.47	1.81 de	4.52 c	15.33	8545.27 a	70 e
S x 400	1.26	1.56 b	4.08 a	15.92	8477.88 a	78 d
P x Kontrol	1.49	1.53 b	4.75 e	16.43	7019.54 d	71 e
P x 200	1.71	1.46 a	4.46 c	16.16	7114.20 d	83 c
P x 400	1.74	1.53 e	4.59 d	16.14	7574.07 c	81 cd
I x Kontrol	1.72	2.12 f	5.26 b	15.64	7563.48 c	101 ab
I x 200	1.79	1.74 d	4.49 cd	16.24	7357.00 cd	94 b
I x 400	1.88	1.94 e	4.90 f	15.79	8089.51 b	119 a
F Value	2.37ns	4.03**	13.98**	1.07ns	15.91**	7.41**
Sulama x Bor Dozu İnteraksyonu						
ÇÖ x Kontrol	1.55	1.88	4.88	15.93	7460.91	89
ÇÖ x 200	1.59	1.69	4.52	15.92	7742.80	84
ÇÖ x 400	1.64	1.68	4.63	15.89	8164.61	102
1.su x Kontrol	1.41	1.69	4.78	16.17	7474.34	87
1.su x 200	1.70	1.72	4.54	15.89	7699.59	78
1.su x 400	1.57	1.64	4.48	16.02	8000.00	86
3.su x Kontrol	1.48	1.69	4.56	16.10	7474.34	86
3.su x 200	1.67	1.59	4.40	15.90	7574.07	85
3.su x 400	1.66	1.69	4.47	15.93	7976.85	90
F Value	1.25ns	0.83ns	1.87ns	1.57ns	2.52ns	1.15ns

Çeşit x Sulama Zamanı x Bor Dozu İnteraksiyonu						
S x ÇÖ x Kontrol	1.22	1.84	4.40	16.13 b	7314.81e	86
S x ÇÖ x 200	1.35	1.80	4.57	15.39 e	8635.80 a	71
S x ÇÖ x 400	1.19	1.50	4.00	16.20 b	7277.78 e	92
S x 1.Su x Kontrol	1.32	1.57	4.30	15.92 c	7265.43 e	85
S x 1.Su x 200	1.68	2.00	4.71	15.02 g	8339.51 b	59
S x 1. Su x 400	1.20	1.47	3.94	15.98 c	7493.83 de	92
S x 3.Su x Kontrol	1.15	1.44	3.92	16.32 ab	6762.35 g	77
S x 3.su x 200	1.40	1.65	4.29	15.57 d	8660.49 a	78
S x 3.Su x 400	1.38	1.7	4.31	15.59 d	7299.38 e	98
P x ÇÖ x Kontrol	1.71	1.55	4.91	16.30 ab	7009.26 f	75
P x ÇÖ x 200	1.65	1.53	4.44	16.08 bc	7899.69 c	92
P x ÇÖ x 400	1.85	1.60	4.81	15.96 c	7473.76 de	99
P x 1.Su x Kontrol	1.30	1.54	4.83	16.54 a	6987.65 f	69
P x 1.Su x 200	1.77	1.42	4.43	16.20 b	7910.49 c	86
P x 1.Su x 400	1.60	1.40	4.56	16.31 ab	7530.87 d	101
P x 3.Su x Kontrol	1.47	1.48	4.51	16.45 a	7061.73 f	67
P x 3. Su x 200	1.70	1.43	4.50	16.19 b	7919.75 c	88
P x 3.Su x 400	1.78	1.59	4.41	16.14 b	7385.80 e	100
I x ÇÖ x Kontrol	1.71	2.25	5.34	15.37 e	7521.60 d	90
I x ÇÖ x 200	1.78	1.76	4.55	16.30 ab	8682.10 a	91
I x ÇÖ x 400	1.90	1.95	5.08	15.51 d	8290.13 bc	125
I x 1.su x Kontrol	1.63	1.97	5.21	16.04 bc	7592.59 d	77
I x 1.Su x 200	1.67	1.75	4.49	16.46 a	8324.07 b	67
I x 1.Su x 400	1.93	2.06	4.94	15.77 d	8083.83 c	110
I x 3.Su x Kontrol	1.81	2.16	5.24	15.52 d	7608.03 d	76
I x 3. Su x 200	1.91	1.71	4.43	15.94 c	8427.47 b	74
I x 3.Su x 400	1.82	1.80	4.69	16.08 bc	7895.06 cd	119
F Value	1.63ns	1.16ns	2.13ns	10.47**	2.96**	0.29ns

Toplam bor miktarı, bitki tarafından alınan ve dokularda biriken bor miktarını ifade eder. Bitkideki bor miktarı, borun hücre fonksiyonlarda nasıl kullanıldığını ve bitkinin bor ihtiyaçlarının karşılanıp karşılanmadığını gösterir. Bor, özellikle hücre duvarının güçlenmesi, hücre bölünmesi, çiçeklenme ve meyve gelişimi gibi süreçlerde rol oynar. Bor eksikliği, şeker pancarı gibi bor ihtiyacı yüksek bitkilerde ciddi büyüme bozukluklarına, verim ve kalite kaybına yol açar. Öte yandan, aşırı bor uygulaması da bor toksisitesine neden olabilir ve bu da bitkide yaprak yanıklığı ve büyüme duraklaması gibi sorunlara yol açar.

Sulama zamanlaması, borun topraktaki çözünürlüğüne ve kök bölgesindeki bor konsantrasyonuna etki etmesi yanında bitkinin topraktaki boru ne kadar etkin bir şekilde kullanabileceğini belirler. Yetersiz sulama, borun bitki tarafından alınmasını zorlaştırır ve bor eksikliğine yol açar. Aşırı sulama ise borun topraktan yıkanmasına ve bitki kök bölgesinde yeterli bor bulunamaması sebebiyle bitkinin bor eksikliği yaşamasına neden olur. Doğru sulama

stratejileri, bitkinin optimum bor alımını sağlar. Toplam bor miktarının ölçülmesi, uygulanan bor dozlarının etkinliğini değerlendirmeye olanak tanır.

Bor düzeyi 1 ppm'den az olan topraklar bitki büyümesini destekleyecek yeterlilikte Bor sağlayamazlar bu nedenle pancarda taç ve çürük öze oluşumu sonucu verim ve kalite azalır (Aydemir ve İnce, 1988). Şeker pancarında bor yeterlilik miktarı 31.00-200.00 ppm olduğu bildirilmiştir (Ungai ve Györi, 2008). Bu araştırmada bor içeriğinin 59 ppm kg⁻¹ (Salama çeşidinin 6 yapraklı dönemde yapılan 1. sulama zamanı 200 g da⁻¹ bor dozunda) ile 125 ppm kg⁻¹ (İndira çeşidinin çıkış öncesi sulama zamanı 400 g da⁻¹ bor dozunda) arasında değişmiş olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerler, şeker pancarı için ön görülen yeterlilik miktarları dahilindedir. Şeker pancarında Bor uygulamasının bitkinin toplam bor içeriğini arttırdığı bildirilmesine (Gezgin ve ark., 2007; Durak ve Ulubaş, 2017) karşın bu araştırmada elde edilen sonuçlar bor uygulamasının sulama ve çeşit faktörleri ile değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Nitekim bitkideki bor miktarının; çeşitlere göre değişkenlik gösterdiği, sulamanın gecikmesine bağlı olarak azaldığı, bor uygulama dozlarının artmasına bağlı olarak arttığı, ikili veya üçlü interaksiyon durumunda ise standart bir değişime sahip olmayıp, değişkenlik göstermiş olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar

İncelenen parametreler birlikte ele alındığında, araştırmanın sulama ve bor yönetimi stratejilerinin şeker pancarı üretimi üzerindeki etkilerini tam anlamıyla ortaya koyarak, optimum üretim için en uygun bor dozunu ve sulama zamanını belirlemeye yardımcı olur. Şeker pancarı yetiştiriciliğinde ana hedefin verim olduğu dikkate alındığında; çeşitler açısından değerlendirildiğinde, araştırmada incelenen şeker pancarı çeşitleri arasında en yüksek pancar veriminin Indira şeker pancarı çeşidinden elde edildiği, dolayısıyla yetiştiricilikte bu diğer çeşitlere göre bu çeşidin kullanılması önerilebilir. Diğer taraftan sulama zamanı açısından değerlendirildiğinde; çok erken olmayan (1. Sulama zamanı) sulamanın verim ve şeker oranı bakımından daha avantajlı olmasına karşın, çeşitleri de dikkate aldığımızda Salama ve Portofina pancar çeşitlerinde çıkış öncesi sulama uygulaması, Indira çeşidinde ise 1. sulama zamanı, sulama zamanı olarak önerilebilir. İlave olarak bor uygulama dozu bakımından değerlendirildiğinde; her ne kadar yalın olarak 200 g da⁻¹ Bor dozunun kontrol ve 400 g da⁻¹ bor dozuna göre pancar verimi üzerinde daha etkili olduğu belirlenmiş ise de özellikle sulama durumu dikkate alındığında bütün sulama zamanlarında 400 g da⁻¹ bor dozunun daha avantajlı olduğu dolayısıyla sulama koşullarında bor dozu olarak 400 da⁻¹ bor dozunun önerilebileceği neticesine ulaşılmıştır.

Sonuç olarak; incelenen parametreler üzerinde bütün faktörlerin etkileri dikkate alındığında Salama ve Portofina şeker pancarı çeşitlerinde sulamanın 3. zamanda ve 200 da⁻¹ bor dozu kullanılarak yapılmasının, Indira şeker pancarı çeşidinde ise sulamanın çıkış öncesi ve 200 da⁻¹

bor dozu kullanılarak yapılması önerilebilir. İlave olarak elde edilen sonuçlar da göz önünde bulundurularak uygulanan sulama ve bor gübrelemesi gibi yetiştirme tekniği paketi öğeleri, farklı yetiştiricilik hedeflerine göre optimize edilmesinin verim ve kalite açısından gerekli olduğu kanaatine varılmıştır.

Ekler

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (PYO.ZRT.1904.22.018).

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan eder.

Yazar Katkısı

Proje yönetimi, danışmanlık Orhan KURT; denemenin kurulması ve yürütülmesi Berkay KAYHAN, verilerin işlenmesi ve düzenlenmesi Muhammet Safa HACIKAMİLOĞLU; istatistik analizler, makale yazımı ve düzenlenmesi Merve GÖRE tarafından gerçekleştirilmiştir.

Etik Kurulu Kararı

Bu çalışmada etik kurul onayına ihtiyaç yoktur.

Kaynaklar

- Abbas, M. S., Dewdar, M. D. H., Gaber, E. S. I. & El-Aleem, H. A. A. (2014). Impact of boron foliar application on quantity and quality traits of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Egypt. *Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences*, 5(5), 143– 151.
- Abdel-Motagally, F.M.F. 2015. Effect concentration and spraying time of boron on yield and quality traits of sugar beet grown in Newly Reclaimed soil conditions. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 46(6), 15-26.
- Abdel-Nasser, G., & Ben Abdalla, K. T. (2019). Boron soil application and deficit irrigation in relation to sugar beet production under drip irrigation system. *International Research Journal of Applied Sciences*, 1(1), 17–29.
- Akyar, O. C., Cagatay, M., Kayimoglu, E., Özbek, A., & Titiz., S. (1980). Über die beziehung zwischen dem bereinigten zuckergehalt und der chemischen zusammensetzung der zuckerrübe. *Zuckerindustrie*, 105, 457-466.
- Armin, M., & Asgharipour, M. (2012). Effect of time and

- concentration of boron foliar application on yield and quality of sugar beet. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science*, 12 (4), 444-448.
- Armstrong, M. J., Jarvis, P. J., Houghton, B. J., Bellett-Travers, D. M. & Jones, J. (2010). Effect of potassium fertilizer on the yield, quality and potassium offtake of sugar beet crops grown on soils of different potassium status. *The Journal of Agricultural Science*, 135(1), 1-10.
- Aydemir, O., & İnce, F. (1988). *Bitki Besleme*. Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayınları, Yayın No: 2, 603-614.
- Bee, P.M., Jarvis, P.J., & Yisz, M.J. (1997). The effect of potassium and sodium fertilizer on sugar beet yield and quality. *60th International Institute for Beet Research Congress*, 10-12 July 1997, Cambridge, United Kingdom.
- Bilir, M., & Saltalı, K. (2023). Azot ve bor uygulamalarının şeker pancarında verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(3), 670-680.
- Brown, P. H., Bellaloui, N., Wimmer, M. A., Bassil, E. S., Ruiz, J., Hu, H., & Pfeiffer, H. (2002). Boron in plant biology. *Plant Biology*, 4(2), 205-223.
- Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition Soil Science*, 168, 521-530.
- Ceylan, M. (2021). Bor noksanlığının tanısı ve borun Elbistan çevresinde yetiştirilen şeker pancarında verim ve kalite üzerine etkisi. *Turkish Journal of Sugar Industry*, 1(1), 1-10.
- Chapman, H.D., & Pratt, P.F. (1961). *Methods of analysis for soils, plants and waters*. Los Angeles: University of California Publishers.
- Durak, A., & Ulubaş, G. (2017). Bor gübrelemesinin şeker pancarında (*Beta vulgaris* L.) verim özellikleri üzerine etkisi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(7), 745-749.
- Enan, S. A., El-Saady, A. M., & El-Sayed, A. B. (2016). Impact of foliar feeding with alga extract and boron on yield and quality of sugar beet grown in sandy soil. *Egyptian Journal of Agronomy*, 38(2), 319-336.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N., Güçdemir, İ., & Talas, S. (2002). Boron status of Central Anatolian. *International Conference Sustainable Land Use and Management*, pp.55-61, Çanakkale, Turkey.
- Gezgin, S., Hamurcu, M., & Apaydın, M. (2001). Bor uygulamasının şeker pancarının verim ve kalitesi üzerine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 25, 89- 95.
- Gezgin, S., Hamurcu, M., Dursun, N., & Gökmen, F. (2007). Değişik bor dozları ve uygulama şekillerinin farklı lokasyonlarda yetiştirilen şeker pancarının yaprak bor içeriği verim ve kalite üzerine etkisi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(42), 25-35.
- Goldbach, H. E., Yu, Q., Wingender, R., Schulz, M., Wimmer, M., Findeklee, P., & Baluska, F., (2001). Rapid response reactions of roots to boron deprivation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164(2), 173-181.
- Gomez, K.A. & Gomez, A.A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2 ed.). John Wiley and sons, NewYork, 680p.
- Grattan, S. R., & Grieve, C. M. (1999). Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78(1-4), 127-157.
- Hoffmann, C. M., Kluge-Severin, S., & Märlander, B. (2009). Water stress affects yield, sugar content, and potassium of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195(4), 202-208.
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). *Bitki analizleri*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kacar, B., Katkat, V., & Öztürk, Ş. (2009). *Bitki Fizyolojisi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kanat, Z., (2023). *Ürün raporu (Şeker Pancarı ve Şeker)*. Ankara: Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.
- Kara, K. (2022). Bor noksanlığının tanısı ve borun Elbistan çevresinde yetiştirilen şeker pancarında verim ve kaliteye etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(2), 123-132.
- Kara, B., & Öztürk, H. H. (2022). Kırşehir koşullarında şeker pancarında uygun sulama programı. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(1), 1-10.
- Kaur, N., & Gupta, A. K. (2005). Signal transduction pathways under abiotic stresses in plants. *Current Science*, 1771-1780.
- Kenter, C., Hoffmann, C. M., & Märlander, B. (2006). Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*, 24(1), 62-69.
- Kiymaz, S., & Ertek, A. (2015). Water use and yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under drip irrigation at different water regimes. *Agricultural Water Management*, 158, 225-234.
- Kristek, A., Stojić, B., & Kristek, S. (2006). Effect of the foliar boron fertilization on sugar beet root yield and quality. *Poljoprivreda*, 12(1), 22-26.
- Mahn, K., Hoffmann C., & Märlander, B. (2002). Distribution of quality components in different morphological sections of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*, 17, 29-39.
- Marschner, H. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. London: Elsevier Academic Press.
- Milford, G. F. J., Pocock, T. O., RILEY, J., & Messum, A. B. (1985). An analysis of leaf growth in sugar beet. III. Leaf expansion in field crops. *Annals of Applied Biology*, 106(1), 187-203.
- Nable R. O., Bañuelos G. S., & Paull J. G. (1997). Boron toxicity. *Plant and Soil*, 193, 181-198.
- Nemeata Alla, H. E. A., (2017). Effect of boron level and time

- of application on yield and quality of sugar beet. *Journal of Plant Production*, 8(11), 1071–1075.
- Okurcan, G.E., & Er, C. (1999). Değişik yaprak gübresi uygulamalarının şeker pancarı verim ve kalitesi üzerine etkileri. *İkinci Ulusal Şeker Pancarı Üretimi Sempozyumu*, p423-434.
- Okut, N., & Yıldırım, B. (2004). Van koşullarında şeker pancarı (*Beta vulgaris* var. *saccharifera* L.)'nda çeşit ve ekim zamanının verim, verim unsurları ve kalite üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 14(2), 149-158.
- Pendias, A.K. (2010). *Trace elements in soils and plants* (4 ed), Taylor & Francis Group LLC, ISBN: 9781420093681, <https://doi.org/10.1201/b10158>.
- Pişkin, A., & Ünal, A. (2014). Damla sulama yöntemi ile şeker pancarına (*Beta vulgaris* L.) verilen azotun verim ve kalite üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45(1), 21-29.
- Pişkin, A. (2021). Farklı form ve bileşendeki kompoze gübre uygulamalarının şeker pancarı verim ve kalite değerleri üzerine etkisi ve ekonomik analizi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(2), 255-267.
- Pişkin, A., (2022). Diagnosis of boron deficiency and effects of boron on yield and quality values of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) grown in Elbistan district. *Atatürk University Journal of Agricultural Faculty*, 53(2), 97-104.
- Saenz J. L. (2001). Boron fertilization-A key for success. *Vineyard and Vintage View*, 17(1), 1-12.
- Şener, V., (2015). Çinko ve bor uygulamalarının şeker pancarında (*Beta vulgaris* L.) verim ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Tarı, A. F., Özbahçe, A., Ata, G., & Bilgiç, C. (2016). Farklı sulama programlarının şeker pancarında kaliteye etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel sayı-2), 55–60.
- TÜİK, (2024). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). <https://www.tuik.gov.tr> (erişim 12.01.2025)
- Ungai, D., & Györi, Z. (2008). Response of sugar beet to different foliar fertilizers. *Acta Agraria Debreceniensis*, (32): 127-136.
- Yılmaz, C.H. (2020). Kahramanmaraş ili tarım alanlarında toprak verimlilik haritalarının oluşturulması ve yarıyıllı besin elementlerinin ekstraksiyonunda geleneksel ve çoklu elementel analiz yöntemlerinin karşılaştırılması. Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.