

Bor Noksanlığının Tanısı ve Borun Elbistan Çevresinde Yetiştirilen Şeker Pancarı (*Beta vulgaris* L.)'nin Verim ve Kalite Değerleri Üzerine Etkisi

Diagnosis of Boron Deficiency and Effects of Boron on Yield and Quality Values of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Grown in Elbistan District

Ahmet Pişkin 

Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş., Şeker Enstitüsü, Ankara, Türkiye



ÖZ

Bor (B) eksikliği dünyanın birçok bölgesinde bitkisel üretimi sınırlayan bir faktör olarak kabul edilmektedir. 2016–2017 yılı ekim sezonunda Kahramanmaraş-Elbistan yöresinde şeker pancarının mevcut beslenme durumunu belirlemek amacıyla bir saha çalışması yapılmıştır. Toprak ve bitki bor eksikliğine işaret eden saha çalışmasının sonuçları nedeniyle, 2017–2019 yılları arasında borun şeker pancarının verim ve kalitesine etkisi belirlemek amacıyla tarla denemeleri yapılmıştır. Saha çalışma sonuçlarında toprak ve bitki örneklerinin sırasıyla %85 ve %75'den fazlası kritik sınırların altında bor içerdiği tespit edilmiştir. Bitkilerin toplam bor kapsamı ile toprakların alınabilir bor kapsamı arasında düzeyinde önemli pozitif ilişki tespit edilmiş ve $r=0,7611^{***}$ olarak hesaplanmıştır ($y=57,3703x+29,0349$). İki yıllık tarla denemeleri sonuçlarına göre şeker pancarı topraktan bor uygulamasına önemli ölçüde yanıt vermiştir. Şeker pancarı kök verimi ve arıtılmış şeker verimi istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artarken, şeker varlığı ve arıtılmış şeker varlığındaki artışlar anlamlı bulunmamıştır. Bor uygulaması melas yapıcı maddelerden şeker pancarı kökü potasyum, sodyum ve zararlı azot kapsamı üzerine etki yapmamıştır. Artırılmış şeker veriminde kontrole göre artış; 150 g da⁻¹ bor seviyesinde %13,2, 300 g da⁻¹ seviyesinde %14,5, 450 g da⁻¹ bor seviyesinde %18,7, 600 g da⁻¹ bor seviyesinde ise %13,4 olarak gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bor noksanlığı, şeker varlığı, kök verimi, şeker pancarı

ABSTRACT

Boron deficiency is considered to be a limiting factor in plant production in many parts of the world. A field study was conducted to determine the current nutritional status of sugar beets in the Kahramanmaraş-Elbistan region in the 2016–2017 season. Due to the results of the field study indicating the lack of soil and plant boron, field trials were conducted between 2017 and 2019 to determine the effect of boron on the yield and quality of sugar beet. In the results of the field studies, it was determined that more than 85% and 75% of the soil and plant samples, respectively, contain boron below the critical limits. A significant positive relationship was determined between the total boron content of the plants and the available boron content of the soils and it was calculated as $r=0.7611^{***}$ ($y=57.3703x+29.0349$). According to the results of the field trials of two years, sugar beet responded significantly to the application of boron from the soil. While sugar beet root yield and purified sugar yield increased statistically significantly, the increase in the presence of sugar and the presence of refined sugar was not found to be significant. Boron application did not affect the content of sugar beet root potassium sodium and harmful nitrogen content. Increase in purified sugar yield; 13.2% at 150 g da⁻¹ boron level, 14.5% at 300 g da⁻¹ level, 18.7% at 450 g da⁻¹ boron level, and 13.4% at 600 g da⁻¹ boron level.

Keywords: Boron deficiency, purified sugar yield, root yield, sugar beet

Geliş Tarihi/Received: 22.05.2021

Kabul Tarihi/Accepted: 12.02.2022

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:
Ahmet Pişkin
E-mail: ahmtpiskin@yahoo.com

Cite this article as: 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.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Giriş

Şeker pancarı önemli bir şeker bitkisi olup dünya şeker üretiminin yaklaşık %20 (35,9 milyon ton)'sini karşılamaktadır. Ülkemiz 3,700,000 ton şeker üretim ile dünyanın 5. büyük pancar şekeri üreticisidir (TŞFAŞ, 2020). Şeker pancarı ülkemizde yetiştirilen önemli endüstri bitkisi olup 2020 yılı şeker pancarı ekimi 3,363,480 da, üretim ise 23.025,738 ton olarak gerçekleşmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021). Elbistan Şeker Fabrikası ekim sahasında her yıl yapılan yaklaşık 31,500 da ekim ve 420,000 ton üretimle şeker pancarı yetiştiriciliği önemli bir tarımsal faaliyetleri (TŞFAŞ, 2017).

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) mikro besin elementlerinden bor (B)'ü; asit ve nötr toprakta borik asit (H_3BO_3), alkali topraklarda ise borat iyonu ($H(BO)_4^-$) formunda almaktadır. Bitkilerin erken büyüme döneminde bor noksanlığı; yaprak klorofil içeriğinin artmasına, yaprak stomalarına ait iletkenliğin ve net fotosentez oranını düşmesine ve sonuçta yapraktan yapısal olmayan karbonhidrat taşınmasının azalmasına neden olmaktadır (Zhao & Oosterhuis, 2002). Bu nedenle bor diğer bitkilerde olduğu gibi şeker pancarı için de gerekli olan temel bir bitki besin maddesidir. Bor bitkiler için temel bir mikro besin elementi olmasına rağmen toprakta fazla birikmesi durumunda toksik olmaktadır (Sakamoto ve ark., 2011; Shorrocks, 1997). Şeker pancarı genel olarak bora toleranslı bir bitkidir (Rozema ve ark., 1992). Ancak bor uygulaması sonrası özellikle kil bakımından yoksun topraklarda yetişen bitkilerde bor zararı görülebilmektedir.

Şeker pancarı, ortalama bir kök verimi için yılda dekardan 30–35 gr bor kaldırmakta olup bitki su stresi yaşamaması durumunda ihtiyacı olan boru, eşik değer altındaki topraklardan da karşılayabilmektedir (Draycott, 2006). Ayrıca kullanılan kimyasal gübrelere bulunan eser miktardaki bor veya sulama suyunda bulunan bor da bitkinin ihtiyacını giderebilmektedir. Şeker pancarı yeterli kadar bor ile beslenemediği durumlarda yaprak ayası kıvrılmakta, koyulaşmakta ve yaprak sapında çatlaklar oluşmaktadır. İletken dokuda meydana gelen zarar nedeniyle solmaya ve yaprak ayasında şurubumsu maddenin akmasına neden olmaktadır. Yaprak ayasının üst yüzeyi beyaz ağ gibi parçalanmış bir görüntü almakta, büyüme noktasındaki meristem doku dağılmakta ve saçak kök gelişimi azalmaktadır. En önemli belirti ise şeker pancarının orta (göbek) kısmının ölümüdür (Draycott & Cristenson, 2003).

Şeker pancarı yetiştiriciliğinde gübreleme daha çok NPK temelli yapılmakta ve mikro element noksanlığı olan yörelere özgü gübreleme programlarına yeterince önem verilmemektedir (Turhan & Mühürdaroğlu, 2002). Pancar ekim alanları bor durumunun belirlenmesi ve bor yetersizliği görülen alanlarda bor gübrelemesi yapılması pancar ve şeker verimini olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir. Ülkemiz şeker pancarı ekim alanları bor durumuyla ilgili çok az çalışma bulunmaktadır. Gezgın ve ark. (1999) Konya Ovasında yaptıkları çalışmada şeker pancarı ekim alanlarının %52'sinde borun noksan olduğunu tespit etmişlerdir. Özgür (2015) de şeker pancarı ekim alanlarının %26,6'sının borca yoksul olduğunu bildirmiştir. Çolak ve ark. (2013) Çarşamba Ovası pancar ekim alanlarının %63,6'sında, Bafra Ovasının ise %33,0'ünde bor noksanlığı olduğunu belirtmişlerdir.

Şeker pancarı bor gübrelemesiyle ilgili dünyada ve ülkemizde pek çok çalışma yapılmıştır. Dünyada yapılan çalışmaların bazılarında bor gübrelemesi, şeker pancarının verim ve kalitesine olumlu katkı

yaparken (Dewdar ve ark., 2015; Kristek ve ark., 2006; Mekdad & Shabaan, 2020) bazılarında etki görülmemiştir (Cattanach, 1991; Giles ve ark., 1991). Bor gübrelemesiyle ilgili yapılan çalışmalarda birbiriyle uyumlu olmayan sonuçlarla karşılaşabilmektedir. Bor gübrelemesinin olumlu etkisinin görüldüğü bir lokasyonda (Voth ve ark., 1979) belirli süre sonra yapılan başka bir çalışmada etki görülmeyebilmektedir (Christenson ve ark., 1991). Ülkemizde yapılan çalışmalarda da benzer olumlu ve olumsuz sonuçlar bulunmaktadır. Gezgın ve ark. (2001) elverişli bor kapsamı 0,55 mg kg⁻¹ olan kireçli toprakta yaptığı çalışmada pancar kök verimi, şeker varlığı ve arıtılmış şeker oranının 300 g da⁻¹ bor uygulamasında arttığını, 600 g da⁻¹ dozunda ise önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. Yine Gezgın ve ark. (2007) üç farklı lokasyonda yaptıkları çalışmada 300-450 g da⁻¹ bor uygulamasının pancar verimini artırdığını, özellikle bor kapsamı yeterli düzeyde olan lokasyonda 600 g da⁻¹ bor uygulamasında verimin düştüğü, şeker varlığında ise verime bağlı artış ve azalışların olduğunu ifade etmişlerdir. Durak ve Ulubaş (2017), yarıyıllık bor kapsamı 0,46 mg kg⁻¹ olan kireçli toprakta yaptıkları çalışmada bor uygulamasının şeker pancar kök verimini artırdığını, şeker varlığını ise etkilemediği tespit etmişlerdir.

Ülkemizde yapılan çalışmalar genel olarak orta ve yeterli düzeyde bor kapsamı olan topraklarda yapıldığı görülmektedir. Topraktaki borun yarıyıllığını toprak pH'sı, tekstür, organik madde, kireç, nem, sıcaklık ve diğer besin maddeleriyle ilişkiler etkilemektedir (Emir, 2017). Şeker pancarı ekim alanlarımızın bor durumunun yöresel olarak belirlenerek noksan alanlar için gübreleme önerileri amaçlı tarla denemelerinin yapılması önem arz etmektedir. Bu araştırmanın amacı; saha çalışmasıyla, ağırlıklı olarak kahverengi, kireçsiz kahverengi ve alüvyon toprak tiplerin hakim olduğu Kahramanmaraş-Elbistan yöresinde yetiştirilen şeker pancarının bor (B) beslenme durumunu tanımlamak ve bor uygulamasının tarla koşullarında şeker pancarın verim ve kalite değerleri üzerine etkisini belirleyerek gübreleme önerilerine katkı yapmaktır.

Yöntem

Saha Çalışması

Tarla denemelerine başlamadan önce Doğu Anadolu Bölgesi Batı Fırat Bölümünde (Elbistan Şeker Fabrikası ekim sahası) bor noksanlığının tespiti amacıyla şeker pancarı ekim alanlarında 2016–2017 vejetasyon döneminde saha çalışması yapılmıştır. Afşin, Elbistan, Göksun ve Tufanbeyli ilçelerinde 40 farklı çiftçi tarlasından toprak, bitki ve pancar örneği alınmıştır. Bitki örnekleri temmuz ayı ortasında, toprak ve pancar örnekleri hasattan sonra alınmıştır. Toprak örneklerinde pH, kireç, organik madde, bitkilerde alınabilir magnezyum ve bor, bitki ve pancar örneklerinde ise toplam bor analizleri yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı yörede ağırlıklı olarak kahverengi toprak (%40,4) hakim olup kireçsiz kahverengi, kırmızımsı kahverengi ve alüvyon toprak tipleri de yaygındır (Esen, 2014).

Tarla Denemeleri

Tarla denemeleri için Elbistan Şeker Fabrikası üretim tarlaları seçilmiştir. Kahramanmaraş ili Elbistan ilçesi Hasankendi köyü mevkiinde yürütülen deneme vejetasyon süresince 2018 yılında 384,4 mm, 2019 yılında ise 436,0 mm toplam yağış almıştır.

Ekim öncesi kahverengi toprak grubunda olan deneme alanlarından 0–30 cm derinlikli toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinde yapılan verimlilik analiz sonuçlarına göre (Tablo 1) denemenin kurulduğu alanlarda (Elbistan) tuzluluk problemi bulunmamakta,

Tablo 1.
Deneme Alanından Ekim Öncesi Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Toprak Özelliği	Yöntem	Birim	Bulunan Değerler	
			2018	2019
Tekstür sınıfı	Bouyoucos (1951)	-	Tin	Tin
Kil	-	%	24,7	23,0
Silt	-	%	32,8	31,8
Kum	-	%	42,5	45,2
Kireç (CaCO ₃)	Hızalan ve Ünal (1966)	%	21,1	25,9
Elektriksel iletkenlik (EC)	Jackson (1962)	dS m ⁻¹	915	803
pH 1:2,5 (toprak: su)	Jackson (1962)	-	8,4	8,3
Organik madde	Jackson (1962)	%	2,1	2,0
Alınabilir fosfor	Olsen ve ark. (1954)	mg kg ⁻¹	22,5	24,0
Alınabilir K ₂ O	Knowels and Watkin (1967)	mg kg ⁻¹	90,0	107,0
Bitkiye yararılı SO ₄	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ H ₂ O	mg kg ⁻¹	54,0	52,0
Alınabilir Mg	Jackson (1962)	mg kg ⁻¹	716,0	700,0
Bitkiye yararılı Zn	Lindsay and Norvell (1978)	mg kg ⁻¹	0,7	0,8
Bitkiye yararılı bor (B)	Sıcak su	mg kg ⁻¹	0,34	0,23

toprak pH'sı ise orta alkali reaksiyon göstermektedir. Çok kireçli sınıfta olan deneme alanı topraklarının organik madde kapsamı az, alınabilir fosfor ve potasyum kapsamı orta düzeydedir. Kükürt, magnezyum ve çinko sorunu bulunmayan sahanın bor kapsamı ise düşük sınıftadır.

Konuların tamamına toprak analiz sonucuna göre iki yılda da 16 kg da⁻¹ N, 8 kg da⁻¹ P₂O₅ ve 4 kg da⁻¹ K₂O verilmiştir. Bu amaçla gübrelemede 12-30-12 kompoze gübresi kullanılmış, bakiye azot üre (%46 N) ile tamamlanmıştır. Azotlu gübrenin yarısı ile fosfor ve potasyumun tamamı ekim öncesi bor uygulamasıyla beraber parsellere verilmiştir. Azotun diğer yarısı ise 2. çapa önüne verilerek çapayla toprağa karıştırılmıştır. Ekim öncesi toprak yüzeyine elle homojen olarak parsellere verilen boraks diğer gübrelerle birlikte küremler kullanılarak 8-10 cm derinliğe karıştırılmıştır.

Tarla denemeleri Tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Deneme konuları; kontrol (bor uygulanmamış), 150 g B da⁻¹, 300 g B da⁻¹, 450 g B da⁻¹ ve 600 g B da⁻¹ uygulama dozlarından oluşmuştur. Doz aralığı ve miktar belirlemede daha önce yapılan çalışmalar, ülkemiz şeker pancarı bor gübrelenmesi doz önerisi (Er ve ark., 2017) ve toprak analiz sonucu dikkate alınmıştır. Bor uygulaması için %11,35'lik boraks (Na₂B₄O₇·10H₂O) kullanılmıştır. Teknik sınıfta ve toz yapıda olan boraks (BORAKS DEKAHİDRAT) ETİMADEN'den temin edilmiştir.

Ekimler, *Rhizomania* ve *Cercospora* hastalıkların toleranslı Sere-nada KWS şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) çeşidiyle yapılmıştır. Ekim parseli büyüklüğü; 4,50 (10 sıra) × 10,00 m = 45 m², hasat parseli; 2,70 (6 sıra) × 7,4 m = 20 m² olarak belirlenmiştir. Ekim, hassas pancar mibzeriyle sıra arası mesafe 45 cm, sıra üzeri 8 cm olacak şekilde yapılmıştır. Sıra üzere mesafe 20 cm olacak şekilde tekleme ve seyreltme yapılarak hasat için parselde 220 bitki bırakılmıştır.

Pancar ekimi; 1.yıl 25.04.2018 tarihinde, 2. yıl 20.04.2019 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Her iki yılda da gerekli bakım işlemleri zamanında aksatılmadan yapılmış, şeker pancarının verim ve

kalitesini etkileyecek önemli bir hastalık veya zararlı ile karşılaşıl-mamıştır. Her iki yılda da 6 kez yağmurlama şeklinde ile sulama yapılmıştır.

Bitkilerin makro ve mikro besin maddeleri açısından beslenme durumlarını belirlemek üzere yaprak örnekleri alınmıştır (Ulrich ve ark., 1959). Alınan yaprak örneklerinin ayaları saplarından ayrıldıktan sonra aya ve saplar ayrı ayrı kâğıt torbalar içerisine konularak hiç zaman kaybetmeden laboratuvara getirilmiştir. Alınan aya örnekleri, laboratuvara getirildikten sonra yıkanarak gerekli temizleme işlemleri yapılmış, 65-70°C'de kurutulmuş, paslanmaz çelik değirmende öğütülerek analize hazırlanmış ve bordan ari küçük cam şişelerde korunmuştur (Ulrich ve ark., 1959). Şeker pancarı yaprak ayası ve pancar kökü B kapsamı Milestone Plus mikrodalga ekstraksiyon cihazı ile elde edilen ekstraktlarda, Perkin Elmer 4300 DV marka ICP OES cihazı ile belirlenmiştir (Kacar & İnal, 2008).

Fizyolojik olgunluğa erişen şeker pancarı 1. yıl 24.10.2018 tarihinde 2. yıl 20.10.2019 tarihinde hasat edilmiştir. 10,00 (1,35 m × 7,41 m) m²lik hasat parseli alanındaki pancarların hasadı sökme beli kullanılarak el ile yapılmıştır. Parsellerden alınan pancarların tamamı bez torbalara konarak Şeker Enstitüsü laboratuvarlarına taşınmıştır. Laboratuvarında pancar kök verimi her parsel için ayrı ayrı belirlendikten sonra, hasat parsellerinden alınan pancarların tamamı frezeden geçirilerek elde edilen kıyımdan alınan örneklerde soğuk digestion yöntemine göre şeker varlığı (ICUMSA, 2003), α-amino azotu kapsamı (Kubadinow & Wieninger, 1972), sodyum ve potasyum kapsamı (Kubadinow, 1972) belirlenmiştir. Artılmış şeker varlığı (AŞV) = ŞV - {0.343 (Na+K) + (0.094 a-aminoN) + 0.29} formülü (Reinefeld ve ark., 1974), artılmış şeker verimi (AŞVE) = AŞV × kök verimi/100 eşitliği ile belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz

Alan çalışmalarında toprakların bor kapsamı ile yaprak ayası ve pancar kökü bor kapsamaları arasındaki ilişkiyi belirlemek için doğrusal regresyon analizleri yapılmıştır. Tarla denemeleri tesadüf blokları deneme deseninde ve üç tekrarlamalı olarak tasarlanmıştır. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuştur (Minitab,

1995). Uygulamalar arasındaki farkların belirlenmesinde, LSD (asgari önem fark) çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Bulgular

Saha Çalışmaları Sonucu

Doğu Anadolu Bölgesi Yukarı Fırat Bölümünde bulunan Elbistan Şeker Fabrikasına (Kahramanmaraş) ait pancar ekim bölgeleri olan Afşin, Elbistan, Göksun ve Tufanbeyli ilçelerinden toplan 40 adet toprak ve yaprak örneklerinin bor (B) durumuna ait sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur.

Alınan 40 adet toprak örneğinin alınabilir bor (B) kapsamı 0,12 mg kg⁻¹ ile 1,49 mg kg⁻¹ arasında değişmiş, ortalama ise 0,37 mg kg⁻¹ olmuştur. Şeker pancarı bor noksanlığının en ayırt edici noksanlık belirtisi olan "pancar göbek çürüklüğü" toprakların alınabilir bor kapsamının 0,35–0,40 mg kg⁻¹'den düşük olduğu alanlarda ortaya çıkmaktadır (Draycott & Christenson, 2003). Ancak toprakların alınabilir bor kapsamı için kritik değer 0,50 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu değer üzerindeki alanlarda yetişen şeker pancarında bor noksanlığından kaynaklanan yaprak, kök veya şeker verimi ile ilgili herhangi bir kayıp yaşanmadığı belirtilmekle beraber bazı araştırmacılar; sulama sıkıntısı olan yerlerde alınabilir bor kapsamının 0,95 mg kg⁻¹ değerinin altındaki şeker pancarı ekim alanlarına bor gübrelemesi yapılması gerektiğini ifade etmektedirler (Fürstenfeld & Bürcky, 2000). Elbistan Şeker Fabrikası pancar ekim alanlarında sulama sorununun bulunmadığı göze alındığında bölge toprakların %85'inde bor noksanlığı olduğu görülmektedir.

Birçok araştırmacı tarafından toprakların alınabilir bor kapsamı ile toprakların pH'sı, kireç, organik madde ve magnezyum kapsamı arasında olumlu veya olumsuz ilişki olduğunu belirtilmesine rağmen bölge topraklarında yapılan çalışmada benzer ilişkiler kurulamamıştır (Akin, 2009; Gezgin ve ark., 2007).

Şeker pancarı yaprak aya örneklerinin bor (B) kapsamı 26,0 mg kg⁻¹ ile 92,0 mg kg⁻¹ arasında değişmiş, 40 adet örneğe ait ortalaması ise 50,0 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Şeker pancarı bor noksanlık tespitinde en uygun yöntem; bitki yaprak ayası bor kapsamının belirlenmesi olup yaprak sap ve pancar kök örnek değerleri iyi bir gösterge olarak kabul edilmemektedir (Draycott & Christenson, 2003). Yaprak ayası analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde araştırmacılar, bitki örneği alım dönemini dikkate alarak farklı referans değerleri sunmuşlardır. Noksanlık belirtisinin görülmediği sınır değeri; Eaton (1944) ağustos-eylül aylarında alınan yaprak aya örneklerinde 20–35 mg B kg⁻¹, Christenson ve ark. (1991) ise ekimden sonra 12. haftada alınan yaprak aya örneklerinde 34 mg B kg⁻¹ olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmada olduğu gibi temmuz ayı ortasında alınan örneklerde sınır değer, Kluge (1990) tarafından 55 mg B kg⁻¹ olarak bildirilmiştir. Kluge (1990)'nin değerleri dikkate alındığında Elbistan Şeker Fabrikası ekim alanı içindeki dört bölgeden alınan 40 örneğin %75'inde şeker pancarı yaprak ayası bor kapsamı yeterli düzeyin altında bulunmuştur. Tablo 3'de görüleceği gibi bitkilerin yaprak ayası toplam bor kapsamı ile toprakların alınabilir bor kapsamı arasında önemli pozitif ilişki tespit edilmiş ve $r=0,7611^{***}$ olarak hesaplanmıştır ($y=57,3703x+29,0349$).

Bor Uygulamasının Tarla Koşullarında Etkisi

Şeker pancarına artan seviyelerde uygulanan borun, şeker pancarı yaprak ayası bor kapsamını önemli düzeyde artırmıştır. Tablo 4'de görüleceği gibi kontrolde 49,16 mg kg⁻¹ olan yaprak ayası bor kapsamı, bor uygulamalarının bütün seviyelerinde önemli ölçüde artmış, 150 g B da⁻¹ uygulama seviyesinde 61 mg kg⁻¹ olarak tespit

edilmiştir. Diğer uygulama seviyelerinde 150 g B da⁻¹ uygulama seviyesine göre kısmi bir düşüş eğilimi olsa da bütün uygulamalar aynı istatistiki grupta yer almışlar ve aralarındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Yaprak ayası bor kapsamı 300 g B da⁻¹ uygulamasında 60,13 mg kg⁻¹, 450 g B da⁻¹ uygulamasında 59,11 mg kg⁻¹ ve 600 g B da⁻¹ uygulamasında 57,64 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bor uygulaması yapılan konularının yaprak ayası bor kapsamı, şeker pancarı için kritik değer kabul edilen 55 mg B kg⁻¹ değerinin üstünde tespit edilmiştir (Kluge, 1990). Bor uygulaması yapılmayan kontrol parsellerden alınan örneklerin bor kapsamı ise deneme alanı toprakları bor kapsamının her iki yılda da toprak sınır değeri olan 0,40 mg B kg⁻¹'nin altında olmasına bağlı olarak yaprak ayası kritik seviyesinin altında bulunmuştur (Draycott & Christenson, 2003). Bu sonuçlar şeker pancarının bor gübrelemesine olumlu tepki verdiğini ve bitkinin topraktan verilen boru bünyesine sorunsuz şekilde aldığının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Gezgin ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada da benzer bulgular elde edilmiştir. Ancak çalışmada 150 g B da⁻¹ ve daha yüksek bor düzeyleri arasında bitki bor kapsamı açısından anlamlı bir fark oluşmaması bitkinin daha yüksek miktarlarda verilen boru bünyesine artan oranlarda almadığını göstermektedir.

Şeker pancarı kökü bor kapsamı, uygulanan bor seviyelerinden etkilenmemiş ve seviyeler arasındaki farklar önemli bulunmamıştır ($p > ,5$). Kontrol parsel örneklerinde 16,02 mg kg⁻¹ olan bor kapsamı, uygulama seviyelerinde 16,86–22,58 mg kg⁻¹ arasında değişmiştir (Tablo 4). Şeker pancarı kökü bor kapsamı 15 mg kg⁻¹ üzerinde olması durumunda bitkide noksanlık belirtilerinin görülmediği bildirilmektedir (Draycott, 2006). Ancak Draycott and Christenson (2003) tarafından şeker pancarı kökü bor kapsamı sonuçlarının noksanlık belirlemede her zaman doğru sonuç vermemesi nedeniyle değerlendirmelerde kullanılmaması gerektiği açıklanmıştır.

Tarla koşullarında topraktan yapılan bor gübrelemesinin şeker pancarına ait pancar verimi, şeker varlığı, zararlı azot, sodyum, potasyum kapsamı, artırılmış şeker varlığı ve artırılmış şeker verimi üzerine etkisini gösteren iki yıllık birleştirilmiş varyans analiz değerleri Tablo 5'de verilmiştir.

Şeker pancarı kök verimi uygulanan bora tarla koşullarında önemli ölçüde tepki vermiştir. Bütün uygulamalarda istatistiki olarak %5 ($p > ,5$) önemlilik düzeyinde kontrole göre artış gözlenmiştir. Uygulamalar arasındaki farklar önemli olmamakla birlikte kontrole göre en yüksek verim artışı 450 g B da⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir. Bu uygulamada; kontrole göre %12,7 artış görülmüş ve pancar kök verimi 7223 kg da⁻¹'den 8137 kg da⁻¹'a yükselmiştir. Diğer uygulamalar, 450 g B da⁻¹ uygulaması ile aynı grupta yer almışlar ve aralarında istatistiki bir fark oluşmamıştır. Pancar kök verimleri 150 g B da⁻¹ uygulamasında 8057 kg da⁻¹, 300 g B da⁻¹ uygulamasında 8065 kg da⁻¹ ve 600 g B da⁻¹ uygulamasında kg da⁻¹ olmuş, kontrole göre artışlar ise sırasıyla %11,6, %12,7 ve %9,0 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 5). İki yıllık verilere göre borca yoksul olan deneme alanında artan seviyelerde uygulanan bor şeker pancarı kök verimini bor uygulaması yapılmayan kontrole göre %9,0–12,7 oranında artırmıştır. Şeker pancarı kök verimine bor uygulamasının olumlu katkısına ait benzer sonuçlar birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur (Abdel-Nasser & Ben Abdalla, 2019; Gezgin ve ark., 2007; Kristek ve ark., 2006; Mekdad & Shaaban, 2020). Bor, yeni yaprak oluşumu için hücre çoğalmasında ve yapraklarda oluşan asimilasyon ürünlerinin depo organlarına taşınmasında görev almaktadır (Marschner, 2012). Bor noksanlığı çeken bitkilerin yaprakları daha küçük, sert ve kalın olması

Tablo 2.
Kahramanmaraş Elbistan Bölgesinden Alınan Toprak Numunelerine Ait pH, Kireç, Organik Madde, Alınabilir Mg, Alınabilir B ve Yaprak Ayası B Değerleri

Örnek No	Yer	pH	Kireç (%)	O. madde (%)	Alınabilir Mg (%)	Alınabilir B (mg kg ⁻¹)	Yaprak ayası B (mg kg ⁻¹)
1	Afşin	8,1	21,1	1,77	0,123	0,82	90,0
2		8,4	21,8	1,35	0,103	0,60	87,0
3		8,0	16,2	1,31	0,186	1,02	77,0
4		8,4	13,6	1,48	0,055	0,21	51,0
5		7,7	3,4	1,58	0,058	0,18	34,0
6		8,4	16,9	1,42	0,037	0,30	36,0
7		7,9	2,6	2,01	0,087	0,22	36,0
8		8,4	24,0	1,64	0,083	0,24	39,0
9		8,2	26,7	2,20	0,054	0,29	36,0
10		8,5	28,6	2,00	0,048	0,20	52,0
11		8,1	19,2	2,00	0,087	0,39	48,0
12		8,5	21,1	1,35	0,055	0,16	30,0
13		8,2	20,5	1,31	0,042	0,27	40,0
14		8,4	30,9	2,67	0,059	0,29	41,0
15		8,3	22,9	2,10	0,077	0,33	44,0
16	Göksun	8,2	13,5	2,80	0,026	0,20	29,0
17		8,0	3,9	1,51	0,022	0,17	26,0
18		8,3	17,6	2,82	0,026	0,21	31,0
19		8,2	4,3	1,97	0,035	0,17	43,0
20		8,3	25,8	1,81	0,016	0,17	32,0
21	Elbistan	8,3	27,9	2,00	0,079	0,23	45,0
22		8,2	12,4	2,86	0,133	1,49	92,0
23		8,5	27,6	2,30	0,077	0,33	54,0
24		8,1	27,1	1,98	0,091	0,42	52,0
25		8,5	15,9	2,67	0,058	0,50	50,0
26		8,5	14,5	1,42	0,073	0,81	85,0
27		8,3	35,5	1,97	0,068	0,39	73,0
28		8,6	41,8	2,14	0,070	0,26	36,0
29		8,6	31,8	1,97	0,091	0,24	35,0
30		8,6	13,6	2,53	0,059	0,45	82,0
31		8,1	30,6	2,20	0,105	0,42	74,0
32		8,5	35,5	2,30	0,067	0,32	42,0
33		8,6	16,1	2,23	0,075	0,40	63,0
34		8,5	40,2	2,01	0,080	0,29	85,0
35		8,4	41,1	2,24	0,159	0,39	46,0
36	Tufanbeyli	8,4	5,5	2,01	0,042	0,12	27,0
37		8,3	4,4	2,24	0,044	0,23	33,0
38		8,5	8,9	2,17	0,042	0,17	28,0
39		8,5	16,3	2,73	0,072	0,38	44,0
40		8,4	12,9	1,94	0,122	0,32	51,0
Ortalama		8,3	20,36	2,03	0,072	0,37	50,0
En az		7,7	2,60	1,31	0,016	0,12	26,0
En çok		8,6	41,80	2,86	0,186	1,49	92,0

Tablo 3.
Toprakta Alınabilir Bor Kapsamı ile Toprak pH, Kireç, Organik Madde, Alınabilir Mg ve Yaprak Ayası B Arasındaki Regresyon Analizleri ve Korelasyon Katsayıları

Parametreler	Eşitlikler	r
Toprak alınabilir B kapsamı- Toprak pH'sı	$y = -0,1712x + 1,7881$	-0,1332 ^{öd}
Toprak alınabilir B- Toprak kireç kapsamı	$y = -0,0003x + 0,3716$	-0,0018 ^{öd}
Toprak alınabilir B- Toprak organik madde kapsamı	$y = -0,0418x + 0,2804$	-0,0699 ^{öd}
Toprak alınabilir B- Alınabilir magnezyum kapsamı	$y = 0,0005x + 0,0169$	0,6621...
Toprak alınabilir B- Yaprak ayası B kapsamı	$y = 57,3703x + 29,0349$	0,7611***

Not: Korelasyon önemlilik seviyesi: * $p < ,05$. ** $p < ,01$. *** $p < ,001$. öd: önemli değil. n-1=39

nedeniyle (Nemeata Alla, 2017) asimilasyon olumsuz etkilenmektedir. Bor uygulaması yapılan 150 g B da⁻¹ konusu ve üzerindeki konuların yaprak ayası bor kapsamları (Tablo 4), şeker pancarı için kritik değer kabul edilen 55 mg B kg⁻¹ değerinin (Kluge, 1990) üstünde tespit edilmiş ve pancar kök verimindeki artış bor noksanlığının giderilmesiyle ilişkilendirilmiştir. En düşük doz olan 150 g B da⁻¹ uygulamasıyla bitkinin gereksinimi olan miktarın tamamının karşılanmasına bağlı olarak 300 g B da⁻¹, 450 g B da⁻¹ ve 600 g B da⁻¹ dozlarında verim artışı olmadığı düşünülmektedir. Ayrıca deneme sonuçlarına göre en yüksek uygulama dozu olan 600 g B da⁻¹ uygulaması sonucu kök veriminde bir azalış olmaması ve bor toksitesiyle karşılaşılabilmiştir.

Artan miktarda uygulanan bor seviyeleri şeker varlığında (digestion) artışa neden olmuş ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > ,05$, Tablo 5). Deneme konularında şeker varlıkları %14,48–15,02 arasında oluşmuştur. İstatistiki olarak önemli düzeyde olmayan artışlar kontrole göre %2,1–3,7 arasında değişmiştir. Benzer sonuçlar Durak ve Ulutaş (2017) tarafından da gözlemlenmiştir. Bor uygulamasının şeker varlığını artırmasına ilişkin araştırmalarda mevcuttur (Abbas ve ark.,

2014; Abdel-Nasser & Ben Abdalla, 2019; Dewdar ve ark., 2015; Enan, 2016; Kristek ve ark., 2006). Ancak bor uygulamalarının şeker varlığını artırdığı belirtilen çalışmalarda şeker pancarı kök veriminin de arttığı bildirilmekte ve uygulamaların hem şeker varlığını hem de kök verimini aynı anda nasıl artırdığı ile ilgili bilgi verilmemektedir. Bu çalışmada uygulamaların şeker varlığında anlamlı artışlar olmamasına; Gezgin ve ark. (2007)'nin belirttiği gibi pancar kök verimindeki önemli artışlar neden olmuş olabilir. Çünkü şeker pancarı kök verimi ile şeker varlığı arasında negatif ilişki bulunduğu bilinmektedir (Draycott & Christenson, 2003; Tayfur ve ark., 2008). Bazı araştırmacılar ise bor gübrelemesinin şeker varlığını azalttığını (Gezgin ve ark., 2001) belirtmektedirler. Çalışmada şeker pancarı kök verimindeki artışa rağmen şeker varlığında azalma olmaması bor uygulamasının olumlu etkisi olarak varsayılabilir.

Şeker pancarı kalite ölçütlerinden olup şekerin fabrikasyonunda alımını etkileyen ve düşük olması beklenen melas yapıcı maddelerden şeker pancarı kökü sodyum, potasyum ve zararlı azot (α -amino azot) değerleri üzerine; artan seviyelerde uygulanan bor miktarları istatistiki olarak önemli olmayan etkiye neden olmuştur. Uygulanan bor seviyeleri şeker pancarı kökü potasyum ve zararlı azot kapsamlarında anlamlı olmayan düşüşe, sodyum kapsamında ise artışa neden olmuştur. Denemede şeker pancarı kökü potasyum kapsamı 5.20–5.63 mmol 100 g⁻¹ pancar, zararlı azot 2.88–3.23 mmol 100 g⁻¹ pancar arasında değişirken sodyum kapsamı 3.33–4.16 mmol 100 g⁻¹ pancar arasında değişmiştir (Tablo 5). Değişik araştırmacıların elde ettiği sonuçlar bu çalışma ile farklılık göstermektedir. Enan ve ark. (2016) bor uygulamasının şeker pancarı kökü potasyum ve zararlı azot kapsamını etkilemediğini ancak sodyum kapsamını azalttığını belirtmişlerdir. Nemeata Alla (2017) ise bor gübrelemesinin sodyum ve potasyum kapsamını düşürmesine rağmen zararlı azot kapsamını artırdığını bildirmektedir. Yine çalışmada şeker varlığında olduğu gibi pancar kök veriminin artmasına rağmen safiyet bozucu maddelerde (α -amino N, K ve Na) anlamlı artış olmaması bor uygulamasının olumlu etkisi olarak düşünülebilir. Çünkü şeker pancarında kök verimi ile safiyet bozucu maddeler arasında da pozitif ilişki bulunmaktadır (Draycott, 2006; Pişkin & İnal, 2014).

Tablo 4.
Farklı Bor Uygulamalarının Yaprak Ayası ve Pancar Kökü Bor Kapsamı Üzerine Etkisine Ait İki Yıllık Birleştirilmiş Analizi

Konular	Yaprak Ayası B Kapsamı mg kg ⁻¹	Pancar Kökü B Kapsamı mg kg ⁻¹
0 g B da ⁻¹ uygulaması (kontrol)	49,16b	16,02
150 g B da ⁻¹	61,00a	16,86
300 g B da ⁻¹	60,13a	20,87
450 g B da ⁻¹	59,11a	18,52
600 g B da ⁻¹	57,64a	22,58
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	
Tekerrür	2	öd
Yıllar	1	*
Doz	4	*
Yıl x Doz	4	öd
Hata	18	-
Genel	29	-

Not:* $p < ,05$, öd: önemli değil

Tablo 5.
Farklı Bor Uygulamalarının Şeker Pancarı Verim ve Kalite Üzerine Etkisi Ait İki Yıllık Birleştirilmiş Analizi

Konular		Pancar Kök Verimi (kg da ⁻¹)	Şeker Varlığı (%)	Sodyum (mmol 100 g ⁻¹)	Potasyum (mmol 100 g ⁻¹)	Zararlı Azot (mmol 100 g ⁻¹)	Artılmış Şeker Varlığı (%)	Artılmış Şeker Verimi (kg da ⁻¹)
0 g B da ⁻¹ uygulaması (kontrol)		7 223b	14.48	3.33	5.63	3.23	10.81	781b
150 g B da ⁻¹		8 057a	14.78	4.43	5.24	3.21	10.97	884a
300 g B da ⁻¹		8 065a	14.86	4.16	5.20	3.02	11.08	894a
450 g B da ⁻¹		8 137a	15.02	3.39	5.48	3.10	11.40	927a
600 g B da ⁻¹		7 873a	14.87	3.50	5.42	2.88	11.25	886a
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi							
Tekerrür	2	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd
Yıllar	1	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd
Doz	4	*	öd	öd	öd	öd	öd	*
Yıl *Doz	4	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd
Hata	18	-	-	-	-	-	-	-
Genel	29	-	-	-	-	-	-	-

Not: *p < ,05, öd: önemli değil

Artılmış şeker varlığı; şeker varlığı, zararlı azot, sodyum ve potasyum değerlerinden hesapla elde edilmekte olup verilen değerlerin artış veya azalışından etkilenmektedir. Bu nedenle Tablo 5'de görüldüğü gibi artan seviyede uygulanan bor dozların artırılmış şeker varlığına yaptığı olumlu etki, şeker varlığında olduğu gibi istatistiksel olarak anlamlı olmamıştır. Denemeden elde edilen artırılmış şeker varlıkları %10,81–11,40 arasında değişmiş, anlamlı olmamakla birlikte kontrole göre de %1,5–5,5 arasında artış görülmüştür. Durak ve Ulubaş (2017) benzer bulgular elde etmelerine rağmen Gezgün ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada bor gübrelemesinin pancar çıkışını olumsuz etkileyerek bitki sıklığını azaltması sonucu artırılmış şeker varlığının düştüğünü bildirmişlerdir.

Bor uygulamaları, pancar kök verimi ile artırılmış şeker varlığından hesapla elde edilen artırılmış şeker verimi üzerine güçlü pozitif etki yapmış ve önemli artışa neden olmuştur (p < ,05). Kontrol parselden 781 kg da⁻¹ artırılmış şeker verimi alınırken 150 g da⁻¹ bor uygulamasından 884 kg da⁻¹, 300 g da⁻¹ bor uygulamasından 894 kg da⁻¹ alınmıştır. 450 g da⁻¹ bor uygulamasında ise 927 kg da⁻¹ şeker verimine ulaşılmıştır. Denemede en yüksek doz olan 600 g da⁻¹ bor uygulamasında ise artırılmış şeker veriminde istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte bir miktar düşüş olmuş ve 886 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Kontrole göre oransal artış 450 g B da⁻¹ uygulamasında %18,7 seviyesinde olmuştur. 150 g da⁻¹ bor seviyesinde %13,2, 300 g B da⁻¹ seviyesinde %14,5, 600 g B da⁻¹ seviyesinde ise %13,4'lük artışlar olmuştur. Ancak bor uygulama dozlarının etkisiyle artırılmış şeker veriminde görülen önemli olumlu artışlar kendi aralarında bir fark oluşturmayarak aynı istatistiksel grupta yer almışlardır (Tablo 5). Çalışma sonucuyla uyumlu olarak pek çok araştırmacı bor uygulamasının artırılmış şeker verimini artırdığını bildirmişlerdir (Dewdar ve ark., 2015; Gezgün ve ark., 2007; Kristek ve ark., 2006; Mekdad & Shabaan, 2020). Şeker pancarı kalite değerlerinden şeker varlığı ile safiyet bozucu maddeler olan sodyum, potasyum ve zararlı azot(α-amino azot) kapsamına bor uygulamalarının olumsuz bir etkisinin olmamasına bağlı olarak pancar verimindeki artışlar, artırılmış şeker veriminin kontrole göre anlamlı şekilde artmasına neden olmuştur.

Sonuç ve Öneriler

Bitki besin maddelerinin tarım topraklarında azalışının ana nedeni bitkisel üretimdir. Bitki tarafından alınan besin maddeleri gübreleme yoluyla karşılanmazsa denge bozulmaktadır. Buna bağlı olarak da toprağın üretim kapasitesi düşmesi sonucu bitkilerin verimi düşmekte ürünün kalitesi bozulmaktadır. Son yıllarda bitkisel üretimin azot, fosfor ve potasyumlu kimyasal gübre kullanımıyla artacağı inancı hakimdir. Bu da mikro besin elementlerinin bitkisel üretimdeki önemini gözden kaçırmasına neden olabilmektedir. Şeker pancarı üretim alanlarında verim ve kaliteyi sınırlayan mikro elementlerden bora yeterli önem verilmemektedir. Yapılan çalışmada şeker pancarı üretiminde önemli bir yere sahip olan Kahramanmaraş Elbistan yöresi topraklarında önemli derecede bor noksanlığı tespit edilmiştir. Yine bölgede yetiştirilen şeker pancarında bor noksanlığının yaygın olduğu ve topraktaki noksanlık ile bitkideki noksanlık arasında yüksek pozitif ilişki olduğu ortaya konulmuştur.

Yapılan tarla denemelerinde bor gübrelemesinin şeker pancarı kök verimi ve artırılmış şeker verimini önemli ölçüde artırdığı ortaya konulmuştur. Kahramanmaraş Elbistan yöresine benzer iklim ve toprak özelliklerine sahip, bor bakımından yoksul şeker pancarı ekim alanlarında minimum 150 g da⁻¹ bor gübrelemesi yapılmasının şeker pancarı kök verimi ve artırılmış şeker verimini artıracığı görülmektedir. Ancak gübreleme yapılırken şeker pancarından sonra ekilecek bitki göz önünde bulundurulmalıdır. Fazla bor uygulaması bora hassas bitkilere toksik etki yapabilmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The author declares that they have no competing interest.

Funding: The author declared that this study had received no financial support.

References

- 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-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.
- Akin, A. (2009). Chemical fractionation of soil boron and the relationships of these fractions with soil properties in Kazova soils. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do>
- Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. *Agronomy Journal*, 43(9), 434–438. [CrossRef]
- Cattanach, A. (1991). Boron fertilization of sugarbeets in the Red River Valley, 1990. *Sugarbeet Research and Extension Reports 21*. North Dakota State University.
- Christenson, D. R., Bricker, C. E., & Hubbell, L. (1991). Yield and quality of sugar beets as affected by applied boron. *Agricultural Experiment Station Research Report 51*. Michigan State University.
- Çolak, B., Korkmaz, A., & Horuz, A. (2013). Boron status, boron fractions and its availability in sugar beet grown soils. *Anadolu Tarım Bilim Derg.* 28(3), 157–167.
- Dewdar, M. D. H., Abbas, M. S., Gaber, E. I., & Abd El-Aleem, H. A. (2015). Influence of time addition and rates of boron foliar application on growth, quality and yield traits of sugar beet. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(2), 231–238.
- Draycott, A. P. (2006). *Sugar Beet*. Blackwell Publishing Ltd.
- Draycott, A. P., & Christenson, D. R. (2003). *Nutrients for sugar beet production. Soil-plant relationships*. CABI Publishing.
- Durak, A., & Karan, G. U. (2017). Bor gübrelemesinin şeker pancarında (*Beta vulgaris* L.) verim özellikleri üzerine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(7), 745–749. [CrossRef]
- Eaton, F. M. (1944). Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. *Journal of Agricultural Research*, 69, 237–277.
- Emir, C. (2017). *Bor gübrelemesinin kereviz (Apium graveolens L.) ve turp (Raphanus sativus L.) bitkilerinin verim ve bazı bitki özelliklerine etkisi* (s. 63). (Yüksek Lisans Tezi). İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Enan, S. A., El-Saad, 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. [CrossRef]
- Er, C., Başalma, D., İnan, H., Gürel, S., Soygeniş, A. F., Abacı, Y., Pişkin, A., Karas, E., Boyacıoğlu, A., Gürkan, Ş., Kaya, R., Tuğrul, K. M., & Erdem, F. (2017). *Şeker Pancarı Tarımı*. Tarım Gündem Dergisi Özel Yayını.
- Esen, F. (2014). *Elbistan Havzasının Fiziki Coğrafyası*. (Doktora Tezi). Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Fürstenfeld, F., & Bürcky, K. (2000). Current results concerning boron supplies for sugar beet in Southern Germany. *Proceedings of the IIRB Congress*, 415–417.
- Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., & Ayaslı, Y. (1999). *Konya Ovası'nda Şeker Pancarı Bitkisinin Beslenme Sorunlarının Toprak ve Bitki Analizleri İle Belirlenmesi*. Konya Pancar Ekicileri Kooperatifi Eğitim ve Sağlık Vakfı Yayınları.
- Gezgin, S., Hamurcu, M., & Apaydın, M. (2001). Bor uygulamasının şeker pancarının verim ve kalitesine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 25(2), 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.
- Giles, J. F., Cattanach, A. W., & Cattanach, N. R. (1991). Effect of boron and Triggrr™ on sugarbeet yield and quality, 1990. *Sugarbeet Research and Extension Reports 21*. North Dakota State University.
- Hızalan, E., & Ünal, H. (1966). *Topraklarda önemli kimyasal analizler*. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları.
- ICUMSA. (2003). *The determination of the polarization of sugar beet by the macerator or cold aqueous digestion method using aluminum sulphate as clarifying agent-official*. In *Methods Book*, method GS6-3, ed. International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis. Colney.
- Jackson, M. L. (1962). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, Inc.
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). *Bitki Analizleri*. Nobel Yayın.
- Kluge, R. (1990). Uptake of boron by sugar beets during vegetative growth on loess soils with a high supply of boron. *Bodenkultur*, 41, 195–203.
- Knowels, F., & Watkin, J. E. (1967). *A Practical Course in Agricultural Chemistry*. Mc Millian Co. Ltd.
- Kristek, A., Stojic, B., & Kristek, S. (2006). Effect of the foliar boron fertilization on sugar beet root yield and quality. *Poljoprivreda*, 12(1), 22–26.
- Kubadinow, N. (1972). Jahresbericht Zuckergorschungs Institute. *Osterreich*, 8, 83–94.
- Kubadinow, N., & Wieninger, L. (1972). Analyses of alpha-amino nitrogen in sugar beets and in processing juices. *Zucker*, 25, 43–47 (in German).
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3), 421–428. [CrossRef]
- Marschner, H. (2012). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed). Academic Press.
- Mekdad, A. A. A., & Shaaban, A. (2020). Integrative applications of nitrogen, zinc, and boron to nutrients-deficient soil improves sugar beet productivity and technological sugar contents under semi-arid conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 43(13), 1935–1950. [CrossRef]
- Minitab. (1995). *Minitab Reference Manual (release 7.1)*. Minitab Inc.
- 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. [CrossRef]
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., & Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture.
- Özgür, O. E. (2015). *Şeker Pancarı*. Filiz Matbaası.
- Pişkin, A., & İnal, A. (2014). Damla sulama yöntemi ile şeker pancarına (*Beta Vulgaris* L.) verilen azotun verim ve kalite üzerine etkisi. *Atatürk University Journal of Agricultural Faculty*, 45(1), 21–29.
- Reinefeld, E., Emmerich, A., Baumgarten, G., Winner, C., & Beiß, U. (1974). Zur Voraussage des Melassezuckers aus Rübenanalysen. *Zucker*, 27, 2–15.
- Rozema, J., De Bruin, J., & Broekman, R. A. (1992). Effect of boron on the growth and mineral economy of some halophytes and non halophytes. *New Phytologist*, 121(2), 249–256. [CrossRef]
- Sakamoto, T., Inui, Y. T., Uruguchi, S., Yoshizumi, T., Matsunaga, S., Mastui, M., Umeda, M., Fukui, K., & Fujiwara, T. (2011). Condensin II alleviates DNA damage and is essential for tolerance of boron overload stress in Arabidopsis. *Plant Cell*, 23(9), 3533–3546. [CrossRef]
- Shorrocks, V. M. (1997). The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and Soil*, 193(2), 121–148. [CrossRef]
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2021). Tarım ve Orman Bakanlığı, Türkiye Şeker Sektörü, Şeker Dairesi Başkanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/SDB/Belgeler/sektorel%20veriler/Tu%CC%88rkiye%20S%CC%A7eker%20Sektu%CC%88ru%CC%8820Web%20I%CC%87c%CC%A7in%20-%2007022022.pdf> (Erişim Tarihi: 16 Aralık 2021)
- Tayfur, H. A., Yıldırım, B., & Tunçtürk, M. (2008). Seyreltme ve tekleme işlemlerinin farklı gelişim dönemlerinde uygulanmasının şeker pancarında (*Beta vulgaris* var. *saccharifera* L.) verim ve kalite üzerine etkileri. *Y. Y. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Derg.* 13(1), 4, 5–50.
- TŞFAŞ. (2017). *Tarım Raporu*. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş.
- TŞFAŞ. (2020). *Sektör Raporu*. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş.
- Turhan, M., & Mühürdaroğlu, T. (2002). *Çinkonun Şeker Pancarının Verim ve Kalitesine Etkisi*. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş., İkinci Ulusal Şeker Pancarı Üretimi Sempozyumu, 10–11 Eylül 2002, Mars Matbaası, 164–176.
- Ulrich, A., Ririe, D., Hills, F. J., George, A. G., & Morse, M. D. (1959). Plant analysis a guide for sugar beet fertilization. Analytical Methods for use in Plant Analysis. Bulletin 766. Californian Agricultural Experimental Station.
- Voth, R. D., Reisen, J., & Christenson, D. R. (1979). Effect of applied boron on yield of Sugarbeets. Research Report 376. Michigan State University Agricultural Experiment Station.
- Zhao, D., & Oosterhuis, D. M. (2002). Cotton carbon exchange, nonstructural carbohydrates and boron distribution in tissues during development of boron deficiency. *Field Crops Research*, 78(1), 75–87. [CrossRef]