



## Azot ve bor gübrelemesinin kırmızı pancarın depolama sürecinde besin elementi konsantrasyonlarına etkisi

Effect of nitrogen and boron fertilization on nutrient concentrations of red beet during storage

Selen AKAN<sup>1</sup>, Mehmet Burak TAŞKIN<sup>2</sup>, Özge HORZUM<sup>1</sup>, Hanife AKÇA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Dışkapı, Ankara.

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Dışkapı, Ankara.

### MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

#### Makale tarihçesi / Article history:


DOI: [10.37908/mkutbd.1054932](https://doi.org/10.37908/mkutbd.1054932)

Geliş tarihi /Received:07.01.2022

Kabul tarihi/Accepted:02.03.2022

#### Keywords:

Red beet, fertilization, storage period, nitrogen, boron.

 Corresponding author: Selen AKAN

 [sakan@agri.ankara.edu.tr](mailto:sakan@agri.ankara.edu.tr)

### ÖZET / ABSTRACT

**Aims:** In this study, the effects of nitrogen and boron fertilization on mineral element concentrations of red beet under storage conditions were investigated.

**Methods and Results:** The trial was conducted in Ankara in 2020 and established in a randomized block design with three replications. After harvest, samples were stored at 4°C temperature and 95 ± 2% relative humidity for three months. Changes in mineral element concentrations of stored samples were determined in monthly intervals. According to the results, storage period and fertilization interaction had a significant effect on nitrogen, potassium, iron and copper concentrations. The calcium, zinc, and boron concentrations were affected by storage period. Individual fertilization effect was only found significant on manganese and boron concentrations. Storage period, fertilization or their interaction did not have an effect on phosphorus and magnesium concentrations of red beet.

**Conclusions:** The impacts of the nitrogen and boron fertilizers together in red beet cultivation showed differences in macro and micro element contents with the extension of the storage period. Compared to the red beets grown without fertilization (traditional methods), the effects of fertilization on nutrient change of red beets during the storage period have been clearly demonstrated. Therefore, it can be stated that the effect of fertilization also plays an important role during storage period.

**Significance and Impact of the Study:** Red beet has become a popular vegetable in recent years due to its bioactive substances. Pre-harvest factors (cultivar, fertilization, climate, soil conditions, cultivation techniques etc.) and post-harvest storage conditions are effective on mineral element concentrations in vegetables. This research shows the effectiveness of nitrogen and boron fertilization on macro and micronutrient content in red beet during the storage period and gives direction to future studies.

**Atıf / Citation:** Akan S, Taşkın MB, Horzum Ö, Akça H (2022) Azot ve bor gübrelemesinin kırmızı pancarın depolama sürecinde besin elementi konsantrasyonlarına etkisi. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 27(1) : 115-124. DOI: 10.37908/mkutbd.1054932

### GİRİŞ

Kırmızı pancarın (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) anavatanı Akdeniz Bölgesi olup, Avrupa ve Amerika'da yoğun olarak yetiştirilmektedir (Neelwarne ve Halagur,

2013). Kırmızı pancar taze tüketimin yanı sıra fonksiyonel ve/veya takviye edici gıda sektöründe doğal kırmızı renk kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, diğer sektörlerde de ham madde olarak kullanımı her geçen gün

artmaktadır. Kırmızı pancar besin içeriği bakımından da oldukça zengindir (Akan ve ark., 2021). Karotenoidler (Rodriguez-Amaya, 2019), fenolik bileşikler, B vitaminleri (Ravichandran ve ark., 2020), lifler ve nitrat (Clifford ve ark., 2015) ile birlikte yüksek antioksidatif kapasiteye sahip renk pigmentleri 'betalayinler' (Otálora ve ark., 2019) sayesinde antidepresan, antimikrobiyal, antifungal, antiviral, antienflamatuar, antioksidan ve antikanserojen gibi çoklu farmakolojik etki göstermekte olup farklı tıbbi amaçlarla kullanılmaktadır (Strack ve ark., 2003; Farabegoli ve ark., 2017; Ceclu ve Nistor, 2020). Klinik araştırmalar ve etki mekanizmaları dikkate alındığında, kırmızı pancarın güçlü terapötik (tedavi edici) potansiyele sahip tamamlayıcı veya alternatif sağlık ajanı olduğu ortaya konulmuş, böylelikle günlük beslenme programlarına dâhil edilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Bu bağlamda kırmızı pancar bilimsel açıdan dikkat çekicidir (Hadipour ve ark., 2020).

Kırmızı pancarın besleyici değeri içerdiği biyoaktif bileşiklerin yanı sıra insan metabolizmasında önemli role sahip olan mineral madde varlığı ile de bağlantılıdır. Makro ve mikro elementler, organ sistemlerinin gelişimi, metabolizması, sentezi ve işleyişinde önemli işlevleri yerine getirir (Klimek-Szczykutowicz ve ark., 2020). İnsan beslenmesi için gerekli mineral madde içeriği doğru gübreleme programı ile üretilen sebzelerden sağlanmaktadır (Petek ve ark., 2019). Nitekim Babagil ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı dozlarda uygulanan çeşitli azot kaynaklarının kırmızı pancar köklerinin antioksidatif özelliklerine etkisi araştırılmış ve çalışma sonucunda düşük dozlarda uygulanan azotun bitkinin antioksidan aktivitesini artırdığı bildirilmiştir. Araştırmalarda azot gübrelemesinin kırmızı pancarda verim ve kaliteyi olumlu olarak etkilediği (Bundiniené ve ark., 2015) ve özellikle K içeriğini artırdığı bildirilmiştir (Petek ve ark., 2019). Bitkilerin optimum gelişme gösterebilmesi için yeterli oranda gübreleme yapılması kritiktir. Aşırı azotlu gübreleme verim düşüşü ile birlikte ürünlerin depolama ömrünün de kısalmasına yol açmaktadır (Dzida ve ark., 2013).

Sebzelerin gübrenmesinde azot dışında mikro element içerikli gübrelerin kullanımı da son dönemde daha fazla dikkat çekmeye başlamıştır (Yazıcı ve Korkmaz, 2020). Bitkilerde kök gelişimi, karbonhidrat taşınımı, hücre duvarı yapısı ve indol asetik asit metabolizması gibi pekçok metabolik olayda rol oynayan bor elementinin noksanlığı ya da fazlalığı durumunda tarımsal üretimin önemli ölçüde azaldığı bilinmektedir (Marschner, 2011). Bitkilerin bor ihtiyaçları birbirinden farklı olup, lahanaya, karnabahar, turp ve kırmızı pancar gibi sebze türlerinin bor gereksiniminin fazla olduğu ifade edilmiştir (Zambi,

2015). Bor gereksinimleri yüksek olan bitkilerin yetiştiriciliğinde ekstra borlu gübrelemeye ihtiyaç duyulmaktadır (Saygıdeğer Demir, 2005). Borlu gübrelemenin sebzelerde diğer mineral maddelerin topraktan alımı ve biyoyararlanımları üzerine olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir (Bhupenchandra ve ark., 2020). Kırmızı pancar yetiştiriciliğinde bor noksanlığı ile sık karşılaşılmakta ve bu durum bitkilerde bodurluğa, deformasyona ve yavaş büyümeye neden olmaktadır (Nottingham, 2004). Gupta ve Cutcliffe (1985) bor noksanlığının kırmızı pancarın yeşil aksamında kahverengi lekelere, köklerde ise pürüzlü, pullu ve renksiz bir yapıya neden olduğunu belirlemişlerdir. Günümüze kadar yapılan araştırmalarda, kırmızı pancarda bor gübrelemesinin tek başına veya diğer makro gübreler ile kombine kullanımı ile ilgili çok az sayıda çalışma mevcuttur.

Beslenmedeki öneminin yanında, ticari ölçekte geniş endüstriyel kullanıma sahip olması kırmızı pancarın üretimini önemli kılmaktadır. Yetiştiricilik sırasında kullanılan çeşit, tarımsal uygulamalar, hastalık-zararlı mücadelesi ile hasat ve hasat sonrası koşullar kırmızı pancar kalitesini doğrudan etkilemektedir (Akan ve ark., 2021; Akan ve ark., 2022). Ülkemizdeki kırmızı pancar kökleri hasattan sonra tarla koşullarında (toprak altında bırakılma) veya mekanik olarak soğutulan odalarda depolanmaktadır. Kırmızı pancar genel olarak 2-4 °C sıcaklıkta uzun süre kalite kaybına uğramaksızın depolanabilmesine (Barba-Espin ve ark., 2018) rağmen günümüzde kırmızı pancarların depo ömrünün kısaldığı belirlenmiştir. Bu durumun başlıca sebeplerinden birinin yanlış ve/veya eksik gübreleme olduğu düşünülmektedir. Günümüze kadarki çalışmalarda, gübrelemenin kırmızı pancarın verim, kalite ve biyokimyasal içeriği üzerine etkileri incelenmiştir. Buna karşın, gübrelemenin hasat sonrası ve depolama periyodunda mineral madde içeriğine etkisi konusunda araştırmaya rastlanılamamıştır. Oysaki soğuk depolama sırasındaki mineral içeriğindeki değişim kırmızı pancarın biyokimyasal kalitesini de etkilemektedir. Farklı sebzelerdeki araştırmalarda, mineral madde içeriği ve miktarının çeşit (Lombardo ve ark., 2019), toprak koşulları (Sarker ve Oba, 2018), iklim koşulları (Laur ve ark., 2021), gübreleme (Petek ve ark., 2017), yetiştirme tekniği (Öz ve ark., 2021) ve depolama koşullarına (Korus, 2020) bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Tüm bu bilgiler ışığında, araştırmada hasat öncesi dönemde azot ile bor gübrelemesinin kırmızı pancarın hasat sonrası soğukta depolanması süresince makro ve mikro element içeriğindeki değişimlere etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Bitki materyali ve yetiştiricilik bilgileri

Deneme 2020 yılı Temmuz-Kasım ayları arasında Ankara ili Beypazarı ilçesinde yürütülmüş, deneme alanının toprak özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Toprak analiz sonuçlarına göre, toprak bünyesi kumlu-tınlı, hafif alkali reaksiyona sahip, tuzsuz sınıfta yer almaktadır. Denemenin yürütüldüğü dönemde bölgedeki ortalama yağış 505 mm, sıcaklık ise 11.2 °C olarak ölçülmüştür. Araştırmada Metgen Tohumculuk firmasına ait ‘Boro F1’ kırmızı pancar çeşidi kullanılmıştır. ‘Boro F1’, vejetasyon periyodu kısa, koyu kırmızı renkli, yuvarlak şekilli ve raf ömrünün uzun olması ile yoğun talep edilen bir kırmızı pancar çeşididir. Denemede 2 farklı azotlu (üre, amonyum sülfat) ve tek borlu (Bor-8) gübre kaynağı

kullanılmıştır. Tohumlar 16 Temmuz 2020 tarihinde 250 m<sup>2</sup>’lik parsellere sıra arası 50 cm ve sıra üzeri 20 cm olacak şekilde 2 m’lik sıralar halinde ekilmiştir. Azotlu gübrelemede üre (%46 N) 50 kg ha<sup>-1</sup> ve amonyum sülfat (AS, %21 N) 50 kg ha<sup>-1</sup> olacak şekilde, yarısı ilk yapraklar görüldükten 20 gün sonra (Kaymak ve ark., 2010) diğer yarısı ise ilk gübrelemeden 4 hafta sonra yapılmıştır. İlk bor gübrelemesi ise (Bor-8, %8) pancarlar 10-12 yapraklıyken yapraktan 50 ml dekar<sup>-1</sup> dozunda, ikinci gübreleme ise aynı dozda kök oluşumunda uygulanmıştır. Gübreleme yapılmayan parsellerdeki kırmızı pancarlar kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Araştırmada bitki gelişimi süresince yabancı ot mücadelesi çapa ile yapılmış, sulama ise düzenli olarak bitki ihtiyacına göre yapılmıştır.

Çizelge 1. Deneme alanına ait toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of the soil belonging to the experiment area

Toprak özelliği	Değeri	Yöntem	Kaynak
pH	7.9	1:2.5 saf su	Jackson (1958)
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0.38	1:2.5 saf su	Richards (1954)
Kireç (g kg <sup>-1</sup> )	95	Scheibler	Hızalan ve Ünal (1966)
Tekstür	Kumlu-tınlı	Hidrometre	Bouyoucos (1951)
Organik Madde (g kg <sup>-1</sup> )	12	Walkley-Black	Jackson (1958)
Toplam azot (g kg <sup>-1</sup> )	0.84	Mikro-Kjeldahl	Bremner (1965)
Fosfor (mg kg <sup>-1</sup> )	54.8	NaHCO <sub>3</sub> ile ekstrakte	Olsen ve ark. (1954)
Potasyum (mg kg <sup>-1</sup> )	424	NH <sub>4</sub> OAc ile ekstrakte	Pratt (1965)
Kalsiyum (mg kg <sup>-1</sup> )	2862	NH <sub>4</sub> OAc ile ekstrakte	Pratt (1965)
Magnezyum (mg kg <sup>-1</sup> )	412	NH <sub>4</sub> OAc ile ekstrakte	Pratt (1965)
Demir (mg kg <sup>-1</sup> )	1.57	DTPA ile ekstrakte	Lindsay ve Norvell (1978)
Çinko (mg kg <sup>-1</sup> )	1.03	DTPA ile ekstrakte	Lindsay ve Norvell (1978)
Bakır (mg kg <sup>-1</sup> )	0.80	DTPA ile ekstrakte	Lindsay ve Norvell (1978)
Mangan (mg kg <sup>-1</sup> )	5.11	DTPA ile ekstrakte	Lindsay ve Norvell (1978)
Bor (mg kg <sup>-1</sup> )	1.1	Sıcak su ile ekstrakte	Wolf (1971)

### Hasat ve depolama

20 Kasım 2020 tarihinde tam fizyolojik olgunluğa (en dıştaki yaprakların sararması ve köklerin çeşitliliğine ulaşması) erişen bitkiler hasat edilmiş ve köklerden denemeye alınabilecek büyüklükte olan ve fiziksel zarara uğramayanlar seçilerek Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Hasat Sonrası Laboratuvarına getirilmiştir. Burada taç ve kök kuyrukları kesilen kökler herhangi bir uygulama veya işlem yapılmaksızın 4 °C sıcaklık ve %95 ± 2 oransal nemde 3 ay süre ile depolanmıştır. Depolama süresince her ay örnekleme yapılarak kırmızı pancarların besin elementi değişimleri belirlenmiştir.

### Besin elementi analizleri

Besin elementi konsantrasyonlarının belirlenmesi amacı

ile alınan örnekler 65 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar hava sirkülasyonlu bir etüvde kurutulmuş ve öğütülmüştür. Öğütülen örnekler Berghof-MWS-2 Model 24 yakma ünitesi mikrodalga fırında nitrik asit ile yakılmış ve elde edilen süzüntüdeki toplam makro ve mikro besin elementi konsantrasyonları ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, Perkin Elmer Model DV 2100) cihazında belirlenmiştir (Boss ve Fredeen, 2004). Örneklerde toplam azot analizi ise Page ve ark., (1982) tarafından bildirildiği gibi mikro-Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır.

### Deneme deseni ve istatistiksel analizler

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş, her tekerrürde 10

adet kırmızı pancar kullanılmıştır. Veriler MINITAB 17 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiş, ortalamalar MSTAT-C yazılımı ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, ortalama değerler  $\pm$  standart hata ortalamaları olarak ifade edilmiştir. Değişken faktörler depolama süresi ve gübreleme olup, bu değişkenler arasındaki etkileşimler  $P < 0.01$  ve  $P < 0.05$  hata düzeylerinde araştırılmıştır. İstatistiksel olarak önemli bulunan sonuçlarda uygulamalar arasındaki farklılığı belirlemek için Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

İnsanların sağlıklı beslenmesi açısından oldukça önemli bir sebze olan kırmızı pancar yetiştiriciliğinde bitkiye gerekli olan makro ve mikro besin elementlerinin bitkinin ihtiyaç duyduğu dönemde uygulanması, ürünün miktar ve kalitesini artıracığı gibi bitkinin hastalıklara dayanımını da artırmaktadır (Grzegorzewski ve ark., 2017). Araştırma sonuçlarına göre topraktan azotlu ve yapraktan borlu gübreleme kırmızı pancarın makro ve mikro element konsantrasyonları üzerine farklı şekillerde etkilemiş ve bu etki depolama sürelerine göre değişiklik göstermiştir (Çizelge 2 ve 3).

### **Makro element konsantrasyonları**

Hasat öncesi azot ve bor gübrelemesinin kırmızı pancarın depolanması süresince makro element bileşimine etkisi Çizelge 2’de verilmiştir. Buna göre, azot konsantrasyonu üzerine depolama süresi (D) ve gübreleme (G) interaksyonunun (D  $\times$  G) etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0.01$ ). Gübrelemenin yapılmadığı kontrol grubunda depolamanın 2. ayında azot konsantrasyonu düşerken, gübrelenmiş pancarların azot konsantrasyonları depolamanın 2 ve 3. ayında depolama başlangıcı (0) ve 1. aya göre daha düşük bulunmuştur. Depolamanın 0, 1 ve 2. ayında gübrelemenin etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuş, gübrelemenin 3. ay hariç kırmızı pancarlarda azot konsantrasyonunu artırdığı tespit edilmiştir. Araştırmada gübreleme ile kırmızı pancar köklerinde azot konsantrasyonu artarken, depolama süresinin ilerlemesi ile azot konsantrasyonu düşmüştür. Bu sonuç, Buraczynska (2005) ve Kurus (2006) ile uyumlu olup, yazarlar şeker pancarında azotlu gübrelemenin kök azot içeriğini artırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Petek ve ark. (2012) depolama süresinin ilerlemesi ile kırmızı pancarda azotun düştüğünü ifade etmişlerdir. Fosfor, bitkinin büyümesi, verimi ve kalitesi için gerekli olan temel makro elementlerden biridir. Katalizör olarak çok sayıda biyokimyasal reaksiyonda yer alan fosfor, fosfolipidler, DNA ve RNA gibi birçok yapısal bileşiğin de

anahtar bileşenidir (Marschner, 2011). Kırmızı pancar köklerinin fosfor konsantrasyonu üzerine denemedeki uygulamaların her hangi bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Özetle, bu çalışmada gübre uygulaması ya da depolama süresinin kırmızı pancarda fosfor konsantrasyonu üzerine etki etmediği belirlenmiştir. Benzer şekilde Szczepanek ve ark. (2015) havuçta depolama süresinin, Custic ve ark. (2007) ise kırmızı pancara uygulanan kimyasal gübrelerin kök fosfor konsantrasyonunu etkilemediğini bildirmişlerdir.

Potasyum fotosentetik translokasyonu etkileyerek meyve ve sebzelerin verim ve kalitesindeki artışı etkilemektedir. Potasyumun hasat sonrası hücre duvarını güçlendirmesi ile kalite ve raf ömrü iyileşmektedir (Amrutha ve ark., 2007; Wicaksana ve ark., 2019). Potasyum konsantrasyonu üzerine D  $\times$  G interaksyonunun etkisi istatistiksel anlamda önemli olmuştur ( $P < 0.05$ ). Depolama boyunca potasyum konsantrasyonundaki değişim incelendiğinde, kontrol grubunda depolama başlangıcına göre 2. ayda düşüş belirlenip diğer aylarda sabit kalırken, gübre uygulaması yapılan grupta ise 2. aya göre ve 3. aydaki artış önemli olmuştur. Gübre uygulamasının etkisi ise 1. ve 3. aylarda belirgin olmuş ve kontrol grubuna göre gübrelemenin kırmızı pancarların potasyum konsantrasyonunu artırdığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmada depolama süresinin uzaması ile genellikle kırmızı pancar köklerinde potasyum konsantrasyonu düşmüştür. Nitekim Szczepanek ve ark. (2015) havuçta yaptığı çalışmada depolamanın potasyum konsantrasyonunu düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Bitki bünyesinde bulunan kalsiyum, hücre duvarlarının yapısında bulunarak bitkilerde kök uzamasına ve hücre bölünmesinde rol oynamaktadır (Yener ve ark., 2017). Kalsiyum meyve ve sebzelerin kalite ve sertlik kazanmasında ve raf ömrünün uzamasında önemli etkiler göstermektedir (Kaçar, 2012; Hashim-Maguire, 2015). Kalsiyum konsantrasyonu üzerine sadece depolama süresi önemli etkide bulunmuş ( $P < 0.05$ ), gübreleme ve G  $\times$  D interaksyonunun etkisinin ise önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $P > 0.05$ ). Depolamanın kalsiyum konsantrasyonu üzerine etkisine bakıldığında, depolama başlangıcına göre 2 ve 3. ayda düşüş belirlenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen kalsiyum konsantrasyonları Rekowska ve ark. (2011)’nin sonuçları ile (% 0.11-0.23) uyum içerisinde olup, ancak Kale ve ark. (2018)’nin sonuçlarından (12.20 mg 100 g<sup>-1</sup>) düşük bulunmuştur. Bu farklılık yetiştiricilik koşulları ve çeşide bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Kotowska ve Wybieralski, 1999; Szura ve ark., 2018). Araştırmada, kalsiyum konsantrasyonu depolama ile düşüş eğiliminde olmuş ve bu sonuç Çavuşoğlu (2018)’nin çilekteki

sonuçları ile benzerlik göstermiştir.

Araştırmada, kırmızı pancarların magnezyum konsantrasyonuna depolama, gübreleme ve D × G interaksiyonunun etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Depolama süresi ya da gübre uygulamasının kırmızı pancar köklerinin magnezyum konsantrasyonunu etkilemediği saptanmıştır. Benzer şekilde, Hlisnikovský ve ark. (2021) tarafından şeker pancarında yapılan araştırmada gübre uygulamalarının köklerin magnezyum konsantrasyonunu etkilemediği bildirilmiştir. Bu durumun Cakmak ve Marschner (1992) tarafından da belirtildiği gibi genotip ve yetiştirilme koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

### **Mikro element konsantrasyonları**

Azot ve bor gübrelemesinin kırmızı pancarın depolama koşullarında mikro element konsantrasyonlarına etkisi Çizelge 3'de verilmiştir. Kırmızı pancarda gübre uygulamaları mikro element konsantrasyonlarını düşürmekte ve bu durumun katyonlar arasındaki antagonistik etkileşimden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (Petek ve ark., 2017).

Kırmızı pancarın demir konsantrasyonu üzerine D × G interaksiyonunun etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0.01$ ).

Kontrol grubunda 3 ay depolanan kırmızı pancar köklerinde demir konsantrasyonu diğer depolama sürelerine göre artarken, 2. ayda önemli düzeyde düşmüştür. Gübreli koşullarda ise depolama süresinin ilerlemesi ile demir konsantrasyonu azalmıştır. Gübrelemenin etkisi ise her depolama süresinde önemli olup, kontrol grubunun demir konsantrasyonu depolama başlangıcı haricinde daha yüksek bulunmuştur. Araştırmadan elde edilen depolama öncesi demir konsantrasyonu sonuçları, Ekholm ve ark. (2007) ( $29 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ile Kale ve ark. (2018)'in ( $7.5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) kırmızı pancardaki araştırma sonuçlarından daha yüksektir. Ayrıca, gübreleme ve depolamanın kırmızı pancarı demir konsantrasyonuna etkileri belirgin bulunmuştur. Buna karşın, Mampa ve ark. (2017) gübre uygulamalarının kırmızı pancarda demir konsantrasyonu etkilemediğini bildirmişlerdir.

Çinko, bitki bünyesinde oluşan metabolik aktiviteyi regüle eden enzim sistemlerinin gerekli bileşenlerinden birisidir. Kırmızı pancar çinko konsantrasyonu üzerine tek önemli faktörün depolama süresi olduğu belirlenmiştir ( $P < 0.01$ ). Depolama süresince çinko konsantrasyonunun değişimi incelendiğinde, iki aylık depolama kırmızı pancar çinko konsantrasyonunu önemli oranda düşürürken, diğer depolama süreleri ile depolama başlangıcı aynı sınıfta yer almıştır. Araştırma sonuçlarına göre depolama sürecinde kırmızı pancar çinko konsantrasyonu düzenli bir değişim göstermemiş,

gübrelemenin etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Benzer şekilde, şeker pancarı (Rantao, 2013) ve havuçta (Smolen ve Sady, 2006) azotlu gübrelemenin çinko konsantrasyonunu etkilemediği bildirilmiştir. Ayrıca yapraktan kalsiyum nitrat uygulamasının çinko içeriğinde düzenli değişime yol açmadığı belirtilmiştir (Yener ve ark., 2017). Çavuşoğlu (2018), 12 gün süre ile  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de depolamanın 'Sabrina' çilek çeşidinde çinko konsantrasyonunu etkilemediğini, 'Rubygem' çilek çeşidinde ise artırdığını belirtmiştir.

Kırmızı pancar bakır konsantrasyonu üzerine D × G interaksiyonunun etkisi önemli olmuştur ( $P < 0.01$ ). Buna göre, gübre uygulamasının yapılmadığı kontrol grubunda 1 ay depolanan köklerin bakır konsantrasyonu diğer depolama sürelerine göre daha yüksek olurken, 2 ay depolanan örneklerin bakır konsantrasyonu önemli düzeyde düşük bulunmuştur. Öte yandan, gübre uygulaması yapılan grupta, 2 ve 3 ay süre ile depolama, kırmızı pancar bakır konsantrasyonunda düşmeye yol açmıştır. Gübrelemenin etkisi ise sadece 1. ayda önemli bulunmuş, gübre uygulaması kırmızı pancarlarda bakır konsantrasyonunun düşmesine sebep olmuştur. Kırmızı pancar köklerindeki bakır konsantrasyonuna ait sonuçlar Rekowska ve ark. (2011)'in farklı çeşitlerdeki araştırma bulguları ( $6.4\text{-}11 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ile benzerlik göstermiş, Kale ve ark. (2018)'nin bulgularından ( $0.9 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ise oldukça yüksek bulunmuştur. Hakala ve ark. (2003)'e göre bu durum genotip kaynaklı olup, genotipin mineral içerikleri üzerindeki etkisinin yetiştirme tekniklerinden daha etkili olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, araştırmada gübrelemenin ilerleyen depolama sürelerinde (2. ve 3. ay) bakır konsantrasyonunu düşürdüğü belirlenmiştir. Bu verinin aksine, diğer araştırmalarda azotlu gübrelemenin şeker pancarı (Bravo ve ark., 1992) ve sofralık üzümde (Yener ve ark., 2017) bakır konsantrasyonlarını etkilemediği ortaya konulmuştur. Depolama süresinin etkisi ise önemli bulunmuş ancak değişimler düzenli olmamıştır.

Mangan, büyüme ve üreme fonksiyonlarında, karbonhidrat ve lipid metabolizmasında, protein sentezinde, mukopolisakkarit üretiminde ve fosforilasyonda önemli bir role sahiptir (Çavuşoğlu, 2018). Mangan konsantrasyonuna sadece gübrelemenin etkisi önemli bulunmuş olup, gübreleme işleminin köklerin mangan konsantrasyonunu düşürdüğü belirlenmiştir. Bu durumun çalışmada kullanılan amonyum sülfatın mangan alımını baskılamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde, Straus ve ark. (2012) ve Petek ve ark. (2019) gübre



Çizelge 2. Azot ve bor gübrelemesinin kırmızı pancarın depolama koşullarında makro element konsantrasyonlarına etkisi  
 Table 2. Effect of nitrogen and boron fertilization on macro element concentrations in red beet under storage conditions

Depolama Süresi (Ay)	N (g kg <sup>-1</sup> )		P (g kg <sup>-1</sup> )		K (g kg <sup>-1</sup> )		Ca (g kg <sup>-1</sup> )		Mg (g kg <sup>-1</sup> )		
	Kontrol	Gübreli	Kontrol	Gübreli	Kontrol	Gübreli	Kontrol	Gübreli	Ortalama	Kontrol	Gübreli
0	17.7±0.07 A,b	22.0±0.29 A,a	1.72±0.11	1.90±0.16	58.2±3.54 A,a	54.9±0.94 AB,a	1.69±0.16	1.39±0.04	1.54±0.09 A	2.09±0.15	1.73±0.01
1	17.5±0.43 A,b	21.9±0.55 A,a	1.67±0.12	1.75±0.07	44.9±3.98 B,b	53.8±1.83 AB,a	1.47±0.12	1.23±0.06	1.35±0.08 AB	1.78±0.16	1.72±0.07
2	15.1±0.14 B,b	16.5±0.32 B,a	1.70±0.25	1.51±0.02	46.7±1.10 B,a	49.7±1.26 B,a	1.27±0.08	1.28±0.03	1.27±0.04 B	1.70±0.09	1.58±0.04
3	16.9±0.32 A,a	17.4±0.07 B,a	1.73±0.17	1.81±0.08	49.3±0.06 B,b	60.9±3.31 A,a	1.18±0.13	1.20±0.01	1.19±0.06 B	1.72±0.08	1.81±0.07
F	Depolama Süresi (D)	78.9**	0.78 öd.		5.87**		5.21*		2.75 öd.		
değeri	Gübreleme (G)	139**	0.13 öd.		8.85**		3.68 öd.		2.78 öd.		
	D × G	19.8**	0.67 öd.		3.78*		1.56 öd.		1.88 öd.		

Öd: önemli değil, \*: P<0.05, \*\*: P<0.01, satırlar arası farklılıklar büyük harflerle, sütun içi farklılıklar küçük harflerle belirtilmiştir.

Çizelge 3. Azot ve bor gübrelemesinin kırmızı pancarın depolama koşullarında mikro element konsantrasyonlarına etkisi  
 Table 3. Effect of nitrogen and boron fertilization on micro element concentrations in red beet under storage conditions

Depolama Süresi (Ay)	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )		Zn (mg kg <sup>-1</sup> )		Cu (mg kg <sup>-1</sup> )		Mn (mg kg <sup>-1</sup> )		B (mg kg <sup>-1</sup> )			
	Kontrol	Gübreli	Kontrol	Gübreli	Ortalama	Kontrol	Gübreli	Kontrol	Gübreli	Kontrol	Gübreli	Ortalama
0	47.8±0.92 B,b	69.7±3.10 A,a	13.0±0.48	14.4±1.04	13.7±0.60 A	6.55±0.75 B,a	7.51±0.21 A,a	15.2±1.12	12.1±0.62	13.1±0.49	12.7±0.39	12.9±0.29 A
1	51.0±4.29 B,a	28.3±1.91 B,b	12.6±0.12	12.9±1.50	12.8±0.68 A	9.94±0.76 A,a	7.49±0.12 A,b	14.9±1.54	13.9±0.35	12.6±0.19	9.49±0.47	11.1±0.74 B
2	35.2±0.16 C,a	21.3±0.98 C,b	9.72±0.71	8.36±0.18	9.04±0.45 B	4.58±0.32 C,a	4.13±0.15 B,a	13.7±1.61	10.7±0.32	11.7±0.98	9.98±0.28	10.8±0.59 B
3	84.5±1.44 A,a	26.0±0.59 BC,b	13.7±0.38	10.9±0.03	12.3±0.65 A	5.94±0.19 B,a	5.06±0.22 B,a	12.9±0.66	11.2±0.80	10.9±1.02	11.3±0.61	11.1±0.54 B
Ortalama	-	-	-	-	-	-	-	14.2±0.62 a	12.0±0.44 b	12.1±0.41 a	10.9±0.43 b	-
F	Depolama Süresi (D)	89.3**	15.3**		40.9**		2.66 öd.		4.66*			
değeri	Gübreleme (G)	149**	1.44 öd.		5.70*		9.80**		7.39*			
	D × G	121**	3.20 öd.		5.63**		0.52 öd.		3.19 öd.			

Öd: önemli değil, \*: P<0.05, \*\*: P<0.01, satırlar arası farklılıklar büyük harflerle, sütun içi farklılıklar küçük harflerle belirtilmiştir.

uygulamalarıyla kırmızı pancarda mangan konsantrasyonunun düştüğünü ifade etmişlerdir.

Araştırmada depolama başlangıcında mangan konsantrasyonu sonuçları (12.1-15.2 mg kg<sup>-1</sup>) Kale ve ark. (2018)'nin bulgularından (7.9 mg kg<sup>-1</sup>) yüksek, Rekowska ve ark. (2011)'in çeşit ortalamalarından (12.4-24.1 mg kg<sup>-1</sup>) düşük bulunmuştur. Bu durumun çeşit, iklim ve coğrafi farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bor, pancar yetiştiriciliği açısından en önemli mikro elementtir ve eksikliğinde verim ve kalite olumsuz etkilenmektedir (Cooke ve Scott, 2012). Kırmızı pancar köklerinin bor konsantrasyonu üzerine depolama süresi ve gübreleme faktörleri önemli etkide bulunurken (P<0.05), D × G interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Depolama süresindeki değişim incelendiğinde, depolama periyodundaki örneklerin bor konsantrasyonu depolama öncesi ile karşılaştırıldığında önemli oranda düşmüştür. Gübrelemenin etkisi değerlendirildiğinde ise kontrol grubunun bor konsantrasyonu daha yüksek bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, depolama süresi ve gübre uygulamalarına bağlı olarak bor konsantrasyonlarının azaldığı belirlenmiştir. Bu durumun kırmızı pancar çeşidinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer taraftan, gübreleme ile bor konsantrasyonunun azalmasının azotlu gübrelemeye de bağlı olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Gezgin ve Hamurcu (2006) da azot ile bor arasında antagonistik bir etkileşim olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde Alpaslan ve ark. (1996) buğday bitkisiyle yaptıkları denemede de benzer sonuçlar elde etmişler ve azot uygulaması ile buğday bitkisinde bor konsantrasyonlarının belirgin olarak azaldığını belirlemişlerdir. Öte yandan, Jones ve ark. (1991) topraktan borlu gübreleme yapıldığı takdirde bitkilerin bor konsantrasyonlarının artarak yeter seviyenin üst sınırlarına kadar ulaştığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak, bu araştırma, günlük beslenmede önemli bir yeri olan kırmızı pancarın makro ve mikro konsantrasyonunu karakterize ederek, gübreleme uygulamasının depolama sürecindeki makro ve mikro içeriğine etkisini ortaya koymayı amaçlamıştır. Kırmızı pancar yetiştiriciliği açısından oldukça önemli olan azot ve bor elementlerinin birlikte uygulanmasının makro ve mikro element içeriklerine etki düzeyleri farklı olmuştur. Depolama süresinin uzaması ile makro ve mikro element konsantrasyonlarının değişimi önemli varyasyonlar göstermiş olup, uzun süre ile kırmızı pancar depolamasının azot, potasyum, kalsiyum, demir, çinko, bakır ve bor değişimleri üzerine pozitif katkılar sağlayacağı belirlenmiştir. Gübreleme uygulaması kırmızı pancarların azot ve potasyum içeriğini depolama sürecinde önemli ölçüde korumuştur. Buna karşın,

gübreleme yapılmayan kırmızı pancar köklerinde demir ve mangan içeriği daha yüksek bulunmuştur. Öte yandan, gübreleme işlemi ve depolama süresinin kırmızı pancar köklerinin fosfor ve magnezyum bileşimlerine etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bu araştırma ile bölge ekolojik koşullarına bağlı olarak kırmızı pancar yetiştiriciliğinde kullanılacak azot ve borlu gübrelemenin depolama sürecinde besin elementi içeriğine etkisi ortaya konmuş ve gelecekteki çalışmalara alt yapı oluşturulmuştur. Gelecekte, kırmızı pancar yetiştiriciliğinde; farklı gübreler ile bunların miktarı, formu, uygulama zamanı ve şeklinin yer aldığı çalışmalar ile hasat sonrası bitki besin elementlerindeki değişimleri inceleyen çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

## ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmada azot ve bor gübrelemesinin kırmızı pancarın depolama koşullarındaki besin elementi konsantrasyonlarına etkisi incelenmiştir.

**Yöntem ve Bulgular:** Deneme, 2020 yılında Ankara ilinde tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Hasat sonrasında örnekler 4 °C sıcaklık ve %95 ± 2 oransal nemde 3 ay süre ile depolanmış, aylık periyotlarda depodan alınan örneklerde besin elementi konsantrasyonlarındaki değişimler belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; azot, potasyum, demir ve bakır konsantrasyonları üzerine depolama süresi ve gübreleme interaksiyonu önemli bulunmuştur. Kalsiyum, çinko ve bor konsantrasyonları üzerine depolama süresi, mangan ve bor konsantrasyonları üzerine ise gübrelemenin etkisi önemli olmuştur. Depolama süresi, gübreleme ya da bunların interaksiyonunun kırmızı pancarların fosfor ve magnezyum konsantrasyonları üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

**Genel Yorum:** Kırmızı pancar yetiştiriciliğinde azotlu ve borlu gübrelerin birlikte kullanımı ile birlikte depolama süresinin uzamasının köklerdeki makro ve mikro element içerikleri üzerine etki düzeyleri farklı olmuştur. Gübreleme yapılmadan (geleneksel yöntemler) yetiştiriciliği yapılan kırmızı pancarlara kıyasla gübrelemenin depolama sürecinde besin element değişimine etkileri net olarak ortaya konulmuştur. Dolayısıyla gübrelemenin etkisinin depolama sürecinde de önemli bir rol oynadığı ifade edilebilir.

**Çalışmanın Önemi ve Etkisi:** Kırmızı pancar içerdiği biyoaktif maddeler nedeniyle son yıllarda popüleritesi artan bir sebzedir. Sebzelerin besin elementi konsantrasyonları üzerine hasat öncesi faktörler (çeşit, gübreleme, iklim ve toprak koşulları, yetiştirme tekniği

vb.) ile hasat sonrası depolama koşulları etkilidir. Bu araştırma kırmızı pancar yetiştiriciliğinde kullanılan azotlu ve borlu gübrelemenin depolama sürecinde makro ve mikro besin elementi içeriğine etkisini ortaya koyarak gelecekteki çalışmalara yön verme niteliği göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kırmızı pancar, gübreleme, depolama süresi, azot, bor.

#### ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

#### ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

#### KAYNAKLAR

- Akan S, Güneş NT, Erkan M (2021) Red beetroot: Health benefits production techniques and quality maintaining for food industry. *J. Food Process. Preserv.* 45: e15781.
- Akan S, Horzum Ö, Akal HC (2022) The prevention of physicochemical and microbial quality losses in fresh-cut red beets using different packaging under cold storage conditions. *LWT.* 112877.
- Alpaslan M, Taban S, İnal A, Kütük AC, Erdal İ (1996) Besin çözültisinde yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinde bor-azot ilişkisi. *PAJES* 2: 215-219.
- Amrutha NR, Nataraj S, Rajeev K (2007) Genome-wide analysis and identification of genes related to potassium transporter families in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Sci.* 172: 708-721.
- Babagil Y, Taşgın E, Nadaroğlu H, Kaymak HC (2018) Antioxidant and antiradical activity of beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva* Alef.) grown using different fertilizers. *J. Chem.* 7101605.
- Barba-Espin G, Glied-Olsen S, Dzhanfezova T, Joernsgaard B Lütken H, Müller R (2018) Preharvest application of ethephon and postharvest UV-B radiation improve quality traits of beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) as source of colourant. *BMC Plant Biol.* 18: 1-12.
- Bhupenchandra I, Basumatary A, Dutta S, Singh LK, Datta N (2020) Impact of boron fertilization on boron fractions at different crop growth stages in cauliflower, cowpea, okra sequence in an inceptisols of North East India. *J. Plant Nutr.* 43: 1175-1188.
- Boss CB, Fredeen KJ (2004) Concepts instrumentation and techniques in inductively coupled plasma optical

emission spectrometry. PerkinElmer Life and Analytical Sciences, 710 Bridgeport, Avenue Shelton, USA.

- Bouyoucos GJ (1951) A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soil. *Agron. J.* 43: 434-438.
- Bravo S, Lee GS, Schmehl WR (1992) Effect of planting date nitrogen fertilizer and harvest date on seasonal concentrations and total content of five micronutrients in sugarbeet. *J. Sugar Beet Res.* 29: 45-57.
- Bremner JM (1965) Total nitrogen. In: Black C.A. (eds) *Methods of Soil Analysis.* American Society of Agronomy Wisconsin pp. 1149-1178.
- Bundinienė O, Zalatorius V, Starkutė R, Kavaliauskaitė D (2015) The influence of controlled release nitrogen fertilizers and their rates on biological value and storage of red beet. *Optimization of Ornamental and Garden Plant Assortment Technologies and Environment Scientific Articles* 6(11): 16-22.
- Buraczynska D (2005) The contents of dry matter and macroelements in the roots and leaves of sugar beet under the influence of organic and mineral fertilization. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio E Agricultura (Poland).*
- Cakmak I, Marschner H (1992) Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiol.* 98: 1222-1227.
- Ceclu L, Nistor OV (2020) Red Beetroot: Composition and Health Effects-A Review. *J. Nutr. Med. Diet Care.* 6: 043.
- Clifford T, Howatson G, West DJ, Stevenson EJ (2015) The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients* 7(4): 2801-2822.
- Cooke DA, Scott JE (2012) *The sugar beet crop.* Springer Science & Business Media.
- Custic MH, Petek M, Toth N, Poljak M, Cosic T (2007) Effects of organic and mineral fertilization on NPK status in soil and plant and yield of red beet (*Beta vulgaris* var. *conditiva*). *Cereal Res. Commun.* 35(2): 449-452.
- Çavuşoğlu Ş (2018) Effects of hot water and UV-C on mineral content changes in two strawberry cultivars stored at different temperatures. *Turk. J. Agric. For.* 42: 423-432.
- Dzida K, Jarosz Z, Michałojć Z (2013) Effect of nitrogen fertilization on the yield and nutritive value of *Beta vulgaris* L. *J. Elem.* 17(1): 19-30.
- Ekhholm P, Reinivuo H, Mattila P, Pakkala H, Koponen J, Happonen A, Hellström J, Ovaskainen ML (2007)



- Changes in the mineral and trace element contents of cereals fruits and vegetables in Finland. *J. Food Compos. Anal.* 20(6): 487-495.
- Farabegoli F, Scarpa ES, Frati A, Serafini G, Papi A, Spisni E, Antonini E, Benedetti S, Ninfali P (2017) Betalains increase vitexin-2-O-xyloside cytotoxicity in CaCo-2 cancer cells. *Food Chem.* 218: 356-364.
- Gezgin S, Hamurcu M (2006) Bitki beslemede besin elementleri arasındaki etkileşimin önemi ve bor ile diğer besin elementleri arasındaki etkileşimler. *Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 20(39): 24-31.
- Grzegorzewski K, Ciećko Z, Szostek R (2017) Influence of mineral fertilisation on the yield and macroelement content in sugar beet. *Acta Agroph.* 24(2): 221-237.
- Gupta UC, Cutcliffe JA (1985) Boron nutrition of carrots and table beets grown in boron deficient soil. *Commun Soil Sci. Plant Anal.* 16(5): 509-516.
- Hadipour E, Taleghani A, Tayarani-Najaran N, Tayarani-Najaran Z (2020) Biological effects of red beetroot and betalains: A review. *Phytother. Res.* 34(8): 1847-1867.
- Hakala M, Lapveteläinen A, Huopalahti R, Kallio H, Tahvonon R (2003) Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. *J. Food Comp. Anal.* 16: 67-80.
- Hashim-Maguire J (2015) Module 2: Grapevine Mineral Nutrition and Fertiliser Management <http://www.7itgs2014.org/wp-content/uploads/2015/06/5a-MODULE-02-Mineral-Nutrition-Fertilisers-final.pdf>. Erişim: 28.12.2021
- Hızalan E, Ünal H (1966) Topraklarda önemli kimyasal analizler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. 278: 5-7.
- Hlisnikovský L, Menšík L, Křížová K, Kunzová E (2021) The effect of farmyard manure and mineral fertilizers on sugar beet beetroot and top yield and soil chemical parameters. *Agronomy* 11(1): 133.
- Jackson ML (1958) *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall New Jersey p. 498.
- Jones JB, Wolf Jr B, Mills HA (1991) *Plant Analysis Handbook. I. Methods of Plant Analysis and Interpretation*. Micro-Macro Publishing Inc. 183 Paradise Blvd Suite 108 Athens Georgia 30607 USA.
- Kaçar B. (2012). *Temel Bitki Besleme*. Nobel Yayınları No: 206.
- Kale RG, Sawate AR, Kshirsagar RB, Patil BM, Mane RP (2018) Studies on evaluation of physical and chemical composition of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *Int. J. Chem. Stud.* 6(2): 2977-2979.
- Kaymak HC, Guvenc I, Gurol A (2010) Elemental analysis of different radish (*Raphanus sativus* L.) cultivars by using wavelength-dispersive x-ray fluorescence spectrometry (wDXRF). *Bul. J. Agric. Sci.* 16: 769–774.
- Klimek-Szczykutowicz M, Szopa A, Ekiert H (2020) *Citrus limon* (Lemon) phenomenon-a review of the chemistry pharmacological properties applications in the modern pharmaceutical food and cosmetics industries and biotechnological studies. *Plants* 9(1): 119.
- Korus A (2020) Changes in the content of minerals B-group vitamins and tocopherols in processed kale leaves. *J. Food Compos. Anal.* 89: 103464.
- Kotowska J, Wybieralski J (1999) Kształtowanie się stosunków ilościowych K Ca i Mg w glebie oraz roślinnych [Formation of quantitative ratios between K Ca and Mg in soil and in plants]. *Biul. Magnezol.* 4 (1): 104-110. (in Polish)
- Kurus J (2006) Content of some nutrients and mineral components in sugar beet depending on nitrogen fertilization and methods of weed control (in Polish). *Acta Agroph.* 8(3): 671-680.
- Laur S, da Silva ALBR, Díaz-Pérez JC, Coolong T (2021). Impact of shade and fogging on high tunnel production and mineral content of organically grown lettuce basil and arugula in Georgia. *Agriculture* 11 (7): 625.
- Lindsay WL, Norvell WA (1978) Development of a DTPA soil test for zinc iron manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42(3): 421-428.
- Lombardo M, Aulisa G, Padua E, Annino G, Lellamo F, Pratesi A, Caprio M, Bellia A (2019) Gender differences in taste and foods habits. *Nutr. Food Sci.* 50(1): 229-239.
- Mampa SS, Maboko MM, Soundy P, Sivakumar D (2017) Nitrogen application and leaf harvesting improves yield and nutritional quality of beetroot. *HortTechnol.* 27(3): 337-343.
- Marschner H (2011) *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic press.
- Neelwarne B, Halagur SB (2013) Red beet: an overview. *Red Beet Biotechnology* 1-43.
- Nottingham S (2004) Beetroot. [http://ourworld.compuserve.com/homepages/Stephen\\_Nottingham/beetroot1.htm](http://ourworld.compuserve.com/homepages/Stephen_Nottingham/beetroot1.htm) August 2004 SFN.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean NC (1954) Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture Circular 939: 1-18.
- Otálora MC, de Jesús Barbosa H, Perilla JE, Osorio C, Nazareno MA (2019) Encapsulated betalains (*Opuntia ficus-indica*) as natural colorants. Case study: Gummy candies. *LWT.* 103: 222-227.
- Öz H, Yaylacı C, Erdal İ (2021) Farklı malç materyallerinin marul (*Lactuca sativa* L. Duna) bitkisinin gelişimi ve

- bazı mineral besin elementleri üzerine etkisi. MKU.Tar.Bil. Derg. 26(2): 489-496.
- Page AL, Miller RH, Keeny DR (1982) Methods of soil and plant analysis part-2 2nd Edn. No (9) Part in the series American Society of Agronomy Inc. Soil Science Society of American Journal. Madison Wisconsin USA.
- Petek M, Custic MH, Toth N, Slunjski S, Coga L, Pavlovic I, Karazija T, Lazarevic B, Cvetkovi S (2012) Nitrogen and crude proteins in beetroot (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) under different fertilization treatments. Not Bot Horti Agrobot Cluj Napoca 40(2): 215-219.
- Petek M, Nina T, Pecina M, Lazarević B, Palčić I, Ćustić MH (2017) Status of Fe Mn and Zn in red beet due to fertilization and environment. J. Cent. Eur. Agric. 18 (3): 554-570.
- Petek M, Toth N, Pecina M, Karažija T, Lazarević B, Palčić I, Veres S, Ćustić MH (2019) Beetroot mineral composition affected by mineral and organic fertilization. PloSone 14(9): e0221767.
- Pratt PF (1965) Chemical and microbiological properties In: Black C.A. (eds) Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy Madison pp. 771-1572.
- Rantao G (2013) Growth yield and quality response of beet (*Beta vulgaris* L.) to nitrogen (Doctoral dissertation University of the Free State).
- Ravichandran K, Smetanska I, Antony U (2020) Red beet. In Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables (pp. 315-321). Academic Press.
- Rekowska E, Jurga-Szlemko B (2011) Content of mineral components in roots of selected cultivars of beetroot J. Elem. 16(2): 255-260.
- Richards LA (1954) Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. In: United States Department of Agriculture Handbook USA p. 1070.
- Rodriguez-Amaya DB (2019) Update on natural food pigments-A mini-review on carotenoids anthocyanins and betalains. Food Res. Int. 124: 200-205.
- Sarker U, Oba S (2018) Response of nutrients minerals antioxidant leaf pigments vitamins polyphenol flavonoid and antioxidant activity in selected vegetable amaranth under four soil water content. Food Chem. 252: 72-83.
- Saygıdeğer Demir B (2005) Borun insan ve bitki için önemi ve bazı üzüm çeşitlerinde bor tayini. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi) 57 s. Adana.
- Smolen S, Sady W (2006) The content of Cd Cu and Zn in carrot storage roots as related to differentiated nitrogen fertilization and foliar nutrition. Polish J. Environ. Study 15 (2A Part II): 503-509.
- Strack D, Vogt T, Schliemann W (2003) Recent advances in betalain research. Phytochem. 62(3): 247-269.
- Straus S, Bavec F, Turinek M, Slatnar A, Rozman C, Bavec M (2012) Nutritional value and economic feasibility of red beetroot (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* Rote Kugel) from different production systems. Afr. J. Agric. Res. 7(42): 5653-5660.
- Szczepanek M, Wilczewski E, Poberezný J, Wszelaczynska E, Keutgen A, Ochmian I (2015) Effect of biostimulants and storage on the content of macroelements in storage roots of carrot. J. Elem. 20(4): 1021-1031.
- Szura A, Kowalska J, Sady WE (2008) The content of mineral and protein nitrogen in red beet depending on nitrogen fertilizer type and fertilization method. Acta Sci. Pol. Hort. Cult. 7(3): 3-14.
- Wicaksana P, Wijaya K, Soeparjono S (2019) The role of potassium and calcium in improving the quality and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *servo*). El-Hayah: Jurnal Biologi. 7(2): 84-93.
- Wolf B (1971) The determination of boron in soil extracts plant materials composts manures water and nutrient solutions. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 2(5): 363-374.
- Yazıcı D, Korkmaz K (2020) Karabuğday bitkisinde bor alınımı ve toksitesi üzerine potasyum uygulamalarının etkisi. Akademik Ziraat Dergisi 9(1): 151-162.
- Yener H, Kuşaksız EK, Kuşaksız T (2017) Yapıpraktan kalsiyum nitrat gübrelemesinin sofralık sultani çekirdeksiz (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinin mineral beslenmesine etkisi. Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi 1(23): 59-67.
- Zambi O (2015) Arpacık iriliği ve bor uygulamalarının yeşil soğanda verim ve kaliteye etkisi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi) 66 s. Ordu.