

## **Bor Elementi ve Niasinin Nantes Havuç (*Daucus carota* L.) Çeşidinin Büyümesi Üzerine Etkileri**

**Hatice DEMİRAY<sup>1</sup> Aylin EŞİZ DEREBOYLU<sup>2</sup>**

### **Summary**

#### **The Effects of Boron and Niacin on the Growth of Nantes Carrot (*Daucus carota* L.)**

The effects of boron and niacin deficiency and excess on the growth of carrot (*Daucus carota* L. cv. nantes) individually and together was investigated. The seeds of plant sowed directly to lacking boron, and 6 mg/l boron (0) and 0,5 mg/l nicotinic acid (control, K), and 31 mg/l (5B) boron, and also lacking niacin (nicotinic acid)(0N), 2,5 mg/l (5N), and finally 31 mg/l boron and 2,5 mg/l niacin together (5B/5N) containing Murashige-Skoog nutrient medium. Root-shoot length and IAA hormone and pigment (chlorophyll and carotenoid) content were determined in the germinated seeds eight weeks old plantlets.

According to the results, either boron or niacin lacking or excess boron or excess niacin in the medium, did not effect germination rate. On the other hand, boron deficiency caused an increase in root length and IAA content and an increase in pigment content; while the excess boron and excess niacin caused a decrease in root length and IAA content but an increase in shoot length and a decrease in pigment content, at the end of eight week. In contrary, niacin deficiency caused a decrease in root length and shoot length and pigment content, but an excess increase in IAA content.

We obtained roots and shoots of carrot plant in an approximately equal length when we grew them in the medium which added excess boron (five times more) and excess niacin (five times more) together, and this medium also caused an increase with the highest value in IAA content and pigment and carotenoid content of carrot plant in comparison to the other mediums. So we can propose to be used niacin towards the toxic effects of boron.

**Key words:** *Daucus carota*, boron, nicotinic acid, niacin, carrot.

<sup>1</sup> Dr., E.Ü.,Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Botanik ABD, 35100, Bornova/İzmir.  
e-mail: demiray@sci.ege.edu.tr

<sup>2</sup> Araş. Gör., E.Ü.,Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Botanik ABD, 35100, Bornova/İzmir.

## Giriş

Bor, bitki büyüme ve gelişmesi için gerekli olan besin elementlerinden bir tanesidir. Bor, toprakta 20-200 mg/kg olmak üzere değişen konsantrasyonlarda bulunur (Anonymous, 2003). Bu borun büyük bir çoğunluğu bitkiler tarafından kullanılamaz, çünkü toprakta bor 4-8 pH aralığında çözülmez. Toprak solüsyonunda çözülebilir halde borik asit olarak bulunur. Bu yüzden bor, toprakta bulunan diğer besin elementlerinden ayrılır. Toprak pH'sı 5 den 9'a yükseldikçe borun toprak partiküllerince absorpsiyonu da artar. Bu nedenle toprağa kireç uygulamaları borun bitkilerce kullanılabilirliğini azaltmaktadır. Çünkü bor, aynı zamanda toprağın içindeki organik maddelere de sıkıca bağlanmakta ve bunun sonucunda topraktaki organik madde seviyesi arttıkça, bitki köklerinde bor alınımı azalacaktır. Bu nedenle özellikle yüksek pH'lı kalkerli topraklarda yapraktan (bor gübresi olarak boraks toprağa uygulanırken) metalosate bor uygulaması çiçeklenme esnasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Mengel et. al., 2001).

Ürünlerin bor eksikliğine hassasiyetleri değişmektedir. *Cruciferae* familyası üyeleri; örneğin, lahana, şalgam, brüksel lahanası, karnabahar ve *Chenopodiacea* familyasından şeker pancarı bor eksikliğine oldukça hassastır. Üzümlerin bor eksikliği asma yetiştiriciliğinde en ağır hastalıklardan biridir. Meyve oluşumu zayıflar ve ürün bor ile beslenmiş bitkilere oranla % 80 azalır. Bu, borun polen tübü büyümesi ve canlılığı için yüksek oranda gereksiniminin bir sonucudur (Mengel et. al., 2001).

Bor elementinin eksik olduğu topraklarda yetişmiş taze meyvelerde, büyüme hızlarının daha düşük ve meyvelerin daha küçük olduğu bilinmektedir. Meyve kalitesi bozuk oluşumlarla (örneğin elma içinde içsel mantar doku oluşumu) ciddi şekilde etkilenecektir. Aynı şekilde *Citrus*'ta da meyve eti/meyve kabuğu oranında bir azalmanın olacağı bildirilmiştir (Foroughi , et al., 1973)

Borun bitki beslemede diğer mineral besinlerden farkı, bitkilerin bora diğer mikroelementlerden daha fazla gereksinim duymasıdır (Marscher, 2002). Borun faydaları ; (a) şeker taşınımı, (b) hücre duvarı sentezi, (c) ligninleşme, (d) hücre duvarı yapısı, (e) karbonhidrat metabolizması, (f) RNA metabolizması, (g) solunum, (h) indol asetik asit (IAA) metabolizması, (i) fenol metabolizması, (j) membranlar şeklinde sıralanabilir. Bu uzun liste borun çok sayıda metabolik yolda yer aldığını belirtmektedir (Parr and Loughman, 1983).

Bor alınımı, ilgili hücreler içindeki borik asit konsantrasyonunun azalmasını takiben dıştaki solüsyondan bor alınımıyla gerçekleşmektedir. Bu nedenle alımın, dıştaki borik asit konsantrasyonuna, membran permeabilitesine, içteki kompleks oluşumuna ve transpirasyon hızına bir tepki olarak oluşan pasif bir işlem olarak görülmektedir (Mengel and Kirkby, 2001).

Eski literatürlerin çoğunda bor sınırlı floem mobilitesine sahip olarak belirtilirken, son yıllarda floem mobilitesinin türe bağlı olduğu bulunmuştur (Brown and Shelp, 1997). Borun floemde çok az taşınımı ve esasen transpirasyon buharıyla taşınımı sonucu büyümekte olan dokularda görülen Bor eksikliği simptomlarını açıklamaktadır (Mengel and Kirkby, 2001).

Bor eksikliği görülen topraklardan daha az öncelik verilmesine rağmen, borca zengin topraklar da önemlidir. Bu tür topraklar bor toksisitesine neden olarak dünyanın farklı bölgelerinde ürün verimini azaltmaktadırlar. Yüksek bor konsantrasyonu olan topraklar, genellikle deniz buharlaşmalarından türevlenmiş ve denizsel kil gibi sedimentlerdir (Erd, 1980). Bunun yanı sıra sulama suyu, madenlerden çıkan atık yüzey suları, kül ve endüstriyel kimyasallar da toprak borunu bitkiler için toksik seviyelere çıkaran bor kaynaklarıdır. Borca eksik topraklara nazaran borca zengin topraklar çok azdır. Bunlar güney Avustralya'nın kurak arazileri, Orta Doğu, Malezyanın batı kıyısı, Peru'nun doğu kıyıları, kuzey Şili, USSR, Hindistan, İsrail ve Searles'teki California gölündeki ana  $B_2O_2^{-7}$  kaynaklarıdır (Ross et al., 1997). Son yıllarda yapılan fizyolojik ve genetik çalışmalarla bitkilerin yüksek bor konsantrasyonuna tepkilerinde genetik varyasyonların anlaşılması sağlanmış ve bu çalışmalar yüksek bor içeren topraklarda tolerant genotiplerin kültüvasyonunu kolaylaştırmıştır. Bora toleranslı olduğu bilinen havuç (*Daucus carota* L.) bitkisi, bor eksikliğinden etkilenmektedir (Brown and Hu, 1997).

Nikotinik asitin veya niasinin büyüme ve metabolizma üzerine bilinen etkilerine ilave olarak bitkilerde çinko ve demir alınımını da arttırdığı (Agte et al., 1997) ve bitki doku kültürlerinde savunma sistemini ve sekonder metabolizmayı indükleyici etkileri ve oksidatif stresi azaltıcı rolleri de (Berglund ve Ohlsson, 1995) dikkate alınarak bor toksisitesine karşı ortamlara nikotinik asit ilave edilmiştir.

Bor yönünden dünyanın en zengin topraklarından olan ülkemizde, bor toleransı ve eksikliğinin çalışılmasında havuç model bitki olarak düşünülmüş ve bu amaçla, çalışmamızda bitki doku kültürlerinde en sık kullanılan MS (Murashige and Skoog, 1962)

reçetesinde, L<sup>-1</sup> besi ortamı için önerilen yaklaşık 6 mg/L bor ve 0,5 mg/L nikotinic asit miktarını baz alarak, havuç (*Daucus carota* L.) bitkisinin Nantes çeşidinin borsuz ve kontrolün beş katı (31 mg/L) bor değişimlerine tepkisini araştırmayı; ayrıca beş katı nikotinic asit (2,5 mg/L) ile birlikte beş katı (31 mg/L) bor uygulamasının bor taşınımı yönünden etkisinin araştırılması planlanmıştır.

### **Materyal ve Yöntem**

Denemelerimizde havuç (*Daucus carota* L.) bitkisinin Balıkesir Ovaköy Küçük Çiftlik Tohumculuk'tan temin edilen Nantes çeşidinin tohumları kullanılmıştır.

Tohum çimlendirme denemeleri bitki doku kültürlerinde en sık kullanılan Murashige-Skoog (1962) besi ortamında ve *in vitro* şartlarda yapılmıştır. Borsuz (0), 6 mg/l (Kontrol=MS) ve 31 mg/l (5 katı B) bor, 2.5 mg/l nikotinic asit (5 katı N), niasinsiz (0N), 31 mg/l bor ve 2.5 mg/l niasin (5 katı B/5 katı N) içeren 6 farklı tipte hazırlanan besi ortamları kültür kabı olarak kullanılan 1/2 litrelik kavanozlara 200'er ml şeklinde dağıtılmış ve otoklavda sterilize edilmişlerdir. Tohum ekimi işlemleri steril kabinde gerçekleştirilmiştir.

Tohumlar da ekilmeden önce sterilize edilmişlerdir. Sterilizasyon için önce 20 dk. yarı yarıya seyreltilmiş klorak kullanılmış, sonra tohumlar 3 kez saf steril suyla yıkanmışlardır; ardından 2-3 dk. %96'lık etil alkol kullanılmış ve tohumlar yine 3 kez saf steril suyla yıkanmışlardır. Kültür kabı başına 5'şer adet ekilen tohumlar 16/8 (ışık-karanlık) saatlik fotoperiyoda ve 25 ± 2°C sıcaklığa sahip biyotrona (büyüme dolabı) yerleştirilmişlerdir. Her uygulama için 10'ar adet tohum kullanılmıştır. Deneyler 3 kez tekrar edilmiştir.

Farklı derişimlerde bor uygulanan ve sekiz hafta sonunda hasat edilen bitkiciklerin yapraklarındaki fotosentetik pigment tayini Witham ve ark. (1971) 'na göre yapılmıştır.

Farklı yoğunluklarda bor uygulanan ve sekiz hafta sonunda hasat edilen bitkiciklerdeki IAA hormonu tayini Baltepe ve Mert (1972) yönteminde gerekli değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Böylece ayrıştırılmış ve saflaştırılmış olan örnekteki IAA absorbansı yine UV spektrofotometrede 224 nm'de okunmuştur. Okunan değerler Yürekli ve ark. (1974) tarafından verilen yöntem kullanılarak 1 g taze yaprak dokusunda, µg IAA olarak tayin edilmiştir.

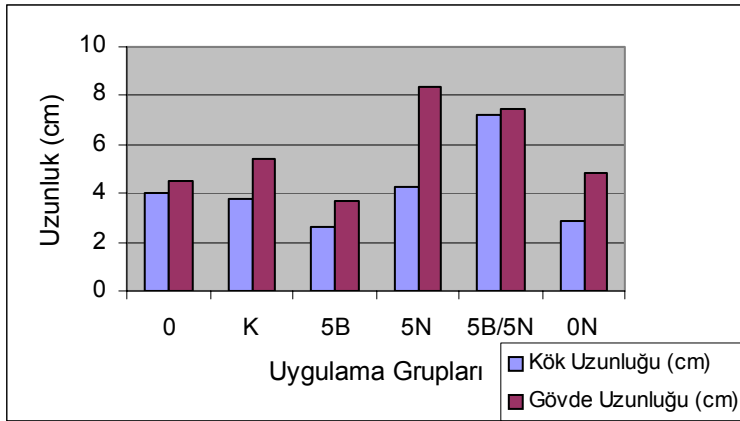
### Araştırma Bulguları

İki hafta sonunda yapılan ölçümlerde üç ayrı ortama (0,K,5B,5N,5B/5N,0N) ekilen tohumların tümünün çimlenebildiği gözlenmiştir. Sekiz haftalık hasat sonunda yapılan ölçümlerde ise bitkilerin kök uzunlukları 0,K,5B,5N,5B/5N,0N ortamlarında sırasıyla 4.0, 3.8, 2.5, 4.3, 7.0, 2.8 cm; gövde uzunlukları ise 4.5, 5.4, 3.6, 8.4, 5.5, 4.8 cm olarak bulunmuştur (Çizelge 1, Şekil 1).

Çizelge 1. 0, K, 5B, 5N, 5B/5N, 0N uygulamalarında yetişen fidelerde sekiz hafta sonunda kaydedilen kök ve gövde uzunlukları

Ortamlar	Kök Uzunluğu (cm)	Gövde Uzunluğu (cm)
0 (Borsuz)	4,000±0,246	4,500±0,230
K (Kontrol=MS)	3,800±0,280	5,450±0,485
5B (5 katı bor)	2,583±0,238	3,666±0,441
5N (5 katı niasin)	4,300±0,312	8,400±0,487 <sup>a</sup>
5B/5N (5 katı bor+5 katı niasin)	7,250±0,242 <sup>a</sup>	7,500±0,261
0N (Niasinsiz)	2,833±0,441	4,833±0,166

“a”ve Kontrol grubu arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemlidir (p<0,05).



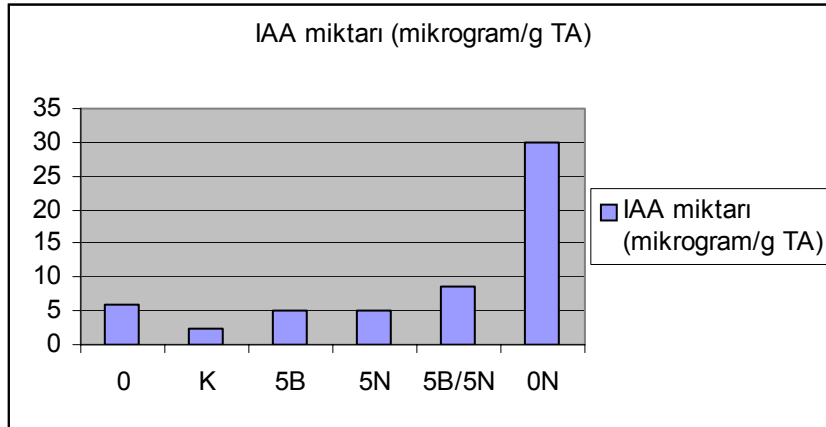
Şekil 1. Farklı bor konsantrasyonlarının dört hafta sonunda *Daucus carota* L. bitkisinde kök ve gövde uzama büyümesi üzerine etkileri.

Yine sekiz hafta sonunda yapılan analizlerde 0, K, 5B, 5N, 5B/5N, 0N ortamlarında yetişen bitkilerde IAA miktarı sırasıyla 2.0, 2.4, 5.1, 5.13, 8.49, 29.9 µg/g TA dır (Çizelge 2, Şekil 2).

Çizelge 2. 0, K, 5B, 5N, 5B/5N, 0N uygulamalarında yetişen fidelerde sekiz hafta sonunda kaydedilen IAA ve pigment miktarları

Ortamlar	IAA miktarı (µg/gTA)
0 (Borsuz)	6±0,412
K (Kontrol=MS)	2.4±0,416
5B (5 katı bor)	5.1±0,519
5N (5 katı niasin)	5.13±0,578
5B/5N (5 katı bor+5 katı niasin)	8.49±0,452 <sup>a</sup>
0N(Niasinsiz)	29.9±0,142 <sup>a</sup>

“a” ve Kontrol (K) grubu arasındaki farklılık istatistikî açıdan önemlidir (p≤0,05).



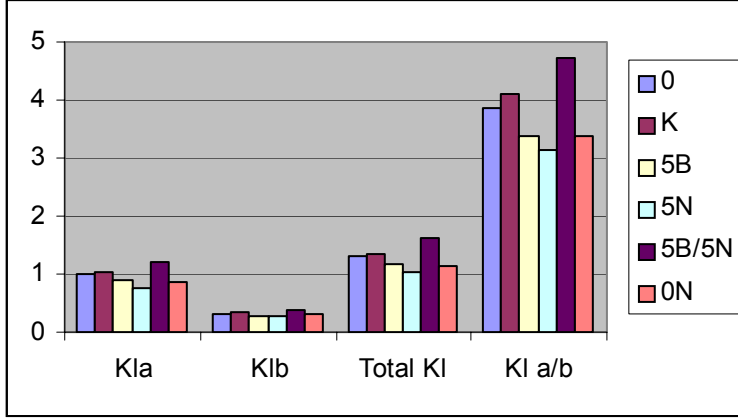
Şekil 2. Farklı bor ve niasin konsantrasyonlarının *Daucus carota* L. bitkisinin IAA miktarı üzerine sekiz hafta sonundaki etkileri.

Toplam klorofil miktarının 1.3, 1.362, 1.175, 1.036, 1.605, 1.147 olduğu; klorofil a değerlerinin 0.983, 1.021, 0.881, 0.759, 1.710, 0.852 mg/ml TA; klorofil b miktarının 0.317, 0.341, 0.293, 0.277, 0.394, 0.295 mg/ml TA; klorofil a/b miktarının 3.856, 4.102, 3.376, 3.126, 4.711, 3.385 mg/ml TA ve karotenoid miktarı ise 3.097, 2.996, 2.990, 2.705, 3.080, 2.901 mg/ml TA olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 3, Şekil 3, Şekil 4).

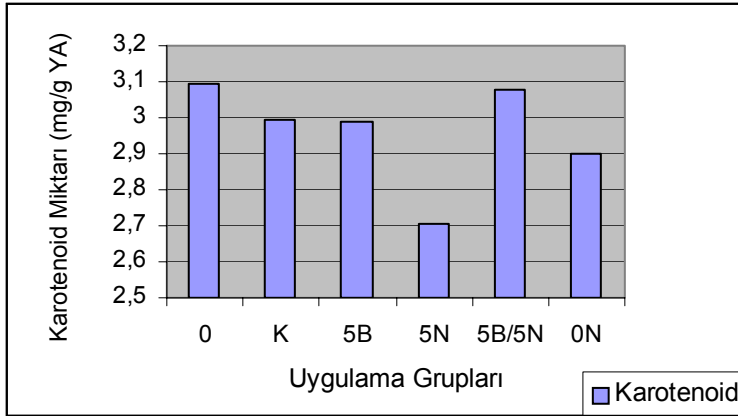
Çizelge 3. Farklı bor ve niasin konsantrasyonlarının *Daucus carota* L. bitkisinin klorofil ve karotenoid miktarı üzerine etkisi

Uygulama Grupları	Klorofil a (mg/ml)±SE	Klorofil b (mg/ml)±SE	Total Kl. (mg/ml)±SE	Klorofil a/b (mg/ml)±SE	Karotenoid (mg/ml)±SE
K(Kontrol)	1,021±0,220	0,341±0,073	1,362±0,293	4,102±0,088	2,996±0,827
5B(5 katıB)	0,881±0,131	0,293±0,025	1,175±0,156	3,376±0,189	2,990±0,432
5N(5 katıN)	0,759±0,204	0,277±0,045	1,036±0,249	3,126±0,295	2,705±0,749
0N(Niasinsiz)	0,852±0,254	0,295±0,096	1,147±0,350	3,385±0,097	2,901±0,936
0 (Borsuz)	0,983±0,099	0,317±0,031	1,300±0,130	3,856±0,044	3,097±0,361
5N+5B	1,210±0,191	0,394±0,074	1,605±0,264	4,711±0,116	3,080±0,672

(Kontrol grubuna göre artış ve azalışlar istatistikî olarak anlamlı bulunmamıştır  $p<0,05$ ).



Şekil 3. Farklı bor ve niasin konsantrasyonlarının *Daucus carota* L. bitkisinin pigment miktarı üzerine sekiz hafta sonraki etkileri.



Şekil 4. Farklı bor ve niasin konsantrasyonlarının *Daucus carota* L. bitkisinin karotenoid miktarı üzerine sekiz hafta sonraki etkileri.

### **Tartışma ve Sonuç**

Elde edilen bulgulara göre, çimlenme tüm ortamlarda %100 olarak ortaya çıkmıştır. Bu sonuçtan, ortamda gerek bor ve niasin kıtlılığının, gerekse fazlalığının havuç (*Daucus carota* L.) cv.Nantes çeşidinin tohum çimlenmesi üzerine engelleyici bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

Öte yandan borsuz (0) besin ortamında yetişen bitkiler kontrole göre kök boyunda %1,08'lik ve IAA miktarında %2,5'lik bir artış gösterirken, gövde boyunda %1,21 ve toplam klorofil miktarında %1,04'lik bir azalma sergilemiştir. Öte yandan 31 mg/l bor varlığında (5B) yetişen bitkilerde kontrole oranla kök boyunda %1.47'lik azalış ve IAA oranında %2,1'lik bir artışa karşın, gövde boyunda da %1,45'lik bir azalma ve toplam klorofil miktarında %1,15'lik bir azalış kaydedilmiştir.

Bu sonuçlardan, bitkinin köklerinin bor eksikliğinde kontrole göre daha uzun, fazlalığında ise daha kısa olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Gövde uzunluğunda ise durum tam tersidir; bor eksikliğinde azalma, fazlalığında da azalma kaydedilmiştir.

Yapraklardaki IAA miktarı ise bor ve niasin eksikliğinde; toplam klorofil miktarı da bor fazlalığında artış göstermekte ve en yüksek değerini 5B/5N (5katı bor+ 5katı niasin) da vermektedir..

Bor eksikliğinin, dokularda IAA'nın parçalanmasından sorumlu IAA oksidaz enziminin etkinliğini azalttığı ve böylece IAA miktarını arttırdığı olgusu (Schon ve ark.,1990), bizim IAA miktarı sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Öte yandan, IAA miktarındaki bu artışın kök morfolojisinde ve anatomisinde değişikliklere neden olabileceği belirtilmiştir (Witham ve ark.,1971). Bizim sonuçlarımıza göre de (0)ve (0N) ortamında, (K) ve (5B)'ye oranla kök boyunda bir artış kaydedilmiştir. Ayrıca kök sonuçları, Ayvaz (2002)'in arpayla yaptığı çalışmanın sonuçlarıyla da uyum içindedir.

Yine arpa bitkisiyle yapılan çalışmada (Nable ve ark.,1997), bu bitkinin toplam klorofil miktarının, bizim sonuçlarımızla paralel, bor fazlalığında (10 ppm) azaldığı rapor edilmektedir. Çalışmamızda gözlenen gövde boyundaki azalış verisi birlikte değerlendirildiğinde, havuç bitkisine 31 mg/l bor uygulamasının, toplam ürün ve fotosentetik verim yönünden, negatif etkide bulunduğu yargısına varılabilir. Aynı anda 5B ve 0N ortamlarında yetişen bitkiler pigment miktarında az çok eşit azalış göstermektedirler. Bu eşitlik özellikle klorofil b miktarında 5N ve 5B ortamında görülürken; karotenoid miktarının da bu değerlere paralel olarak 5N ortamında yetişen bitkilerde en az olduğu



ve en fazla karotenoidin ise 0 (Borsuz) ortamda yetişen bitkilerde olduğu saptanmaktadır. Bu durum fotosentez mekanizmasının etkilenmesiyle açığa çıkan serbest oksijen radikallerinin hücrelerde oksidasyona neden olmasını önlemek amacıyla strese maruz kalan tolerantlı bitkilerin karotenoidler gibi çeşitli antioksidantları meydana getirdikleri gerçeğiyle açıklanabilmektedir (Edreva, 1998).

Gövde miktarındaki bu azalışın niasin uygulamasıyla aşıldığı gözlenmiştir. 31 mg/l bor (5B)ve 2.5 mg/l (5N) birlikte uygulandığında gövde boyunda, beş katı bor uygulamasına göre %1,503 artış saptanmıştır. Buna paralel olarak IAA miktarında da %1,66 lık bir artış gözlenmesi niasin varlığında borun bitkide taşınabilir hale geldiğinin kanıtıdır. Yine bu değer beş katı niasin uygulamasında yetişen bitkilerde beş katı borla aynı fakat niasinsiz ortamdaki bitkilere göre %5,808 daha azdır. Bu değerler niasin uygulamasının bitkilerde bor toksisitesine karşı başarıyla uygulanabileceğini göstermektedir. Günümüzde moleküler biyolojik yöntemlerin kullanılmasıyla vitaminlerin genetik yapıya katılması çalışmaları başarıyla uygulanmaktadır. Borun askorbat metabolizmasıyla birlikte işlediğini destekleyen çalışmalar (Mondy ve Munshi, 1986), yapraktan borax uygulamasının 10-13 üncü haftasında patates tuberlerinde yüksek askorbat miktarı saptanmasıyla açıklanmaktadır.

### Özet

Bu çalışmada bor elementi ve niasinin eksikliği ve fazlalığının önemli bir tarım bitkisi olan havuç bitkisinin, *Daucus carota* L. cv. Nantes çeşidinin büyümesi üzerine ayrı ayrı ve birlikte etkisi araştırılmıştır. Bitkinin tohumları doğrudan borsuz (0), 6 mg/l bor ve 0,5 mg/l niasin (kontrol,K) ve 31 mg/l (5B) bor ve niasinsiz (0N), 2,5 mg/l niasin (5N) ve 31 mg/l bor ve 2,5 mg/l niasini birlikte içeren Murashige-Skoog besi ortamına ekilmiştir. Sekiz hafta sonunda gelişen fidelerde kök-gövde uzunluğu, IAA hormonu ve fotosentetik pigment ve karotenoid ölçümleri yapılmıştır.

Sonuçlarımıza göre, bor eksikliğinin kökte uzamayı sağlamasına karşılık, bitkinin pigment miktarı, gövde boyunda indirgemeye yol açtığı; bor ve niasin fazlalığının ise kök boyunda bir azalma meydana getirmekle beraber, bitkinin pigment miktarı ve özellikle gövde boyunda bir artış sağladığı anlaşılmıştır.

Havuç bitkisi bor ve niasini eşit oranda fazla olarak içeren ortamlarda yetiştirildiğinde , kök ve gövde boyunun birbirine eşit olduğu ve IAA ve pigment miktarının ve ayrıca karotenoid miktarının da kontrol bitkiye nazaran arttığı saptanmıştır. Bu sonuçlar ışığında niasinin (nikotinic asit) havuç bitkisinin Nantes çeşidinde bor toksisitesine karşı başarıyla kullanılabileceği söylenebilir.

**Anahtar Sözcükler:** *Daucus carota*, bor, nikotinic asit, niasin, havuç

## Kaynaklar

- Agte, V.V., Paknikar, K. M., Chiplonkar, S. A., 1997, Effect of nicotinic acid on zinc and iron metabolism. *BioMetals*, 10, 271-276.
- Anonymous, 2003, [www.albion-an.com](http://www.albion-an.com) Boron Nutrition and Metalosate® Boron, Albion, Metalosate® Foliar Plant Nutrition Information, Vol : 4, No: 1
- Ayvaz, M., 2002, Bazı Arpa Çeşitlerinde Borun Büyüme ve Gelişme Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı, s.21-32.
- Baltepe, Ş., Mert, H.H., 1972, Indol-3-Asetik Asit, Gibberellik Asit ve Absisik Asit'in Kromatografik Seperasyon ve Biyolojik Determinasyonları Hakkında Metodolojik Bir Çalışma, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi İlmi Raporlar Serisi No:147, Bornova-İZMİR.
- Berglund, T., Ohlsson, A. B., 1995, Defensive and secondary metabolism in plant tissue cultures, with special reference to nicotinamide, glutathione and oxidative stress. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 43(2): 137-145.
- Brown, P.H., Hu, H., 1997, Boron Mobility and Consequent Management in Different Crops. *Better Crops with Plant Food* 82(2): 28-31.
- Brown, P.H., Shelp, B.T., 1997, Boron Mobility in Plants. *Plant and Soil*, 193, 85-101.
- Edreva, A., 1998, Stress physiology, definitions and concepts of Stress In 'Symposium of molecular basis of stress physiology in plants' 4-32. (22-26 June, EBİLTEM, Bornova-İzmir, Turkey).
- Erd, R. C., 1980, The minerals of boron. In Mellor's Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry. Suppl. To Vol. V. Ed. R. Thompson. 7-71. Longman, New York.
- Foroughi, M., Marschner, H., Doring, H.W., 1973, Auftreten von Bormengel bei *Citrus Durantium* L. (Bitterorangen) am Kaspischen Meer (Iran). *Z.Pflanzenernähr Bodenk*, 136, 220-228.
- Marschner, H., 2002, *Mineral Nutrition of Higher Plants* (2nd ed.) ,390. San Diego, CA: Academic Press.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., 2001, *Principles of Plant Nutrition*. 5th ed., 635. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mondy, N.I., Munshi, C.B., 1993, Effect of boron on enzymatic discoloration and phenolic and ascorbic acid content of potatoes. *J. Agri. Food Chem.* 41: 554-56.
- Murashige, T., Skoog F., 1962, A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures, *Physiol Plant* 15:473-497
- Nable, R., Banuelos, G., Paul, G.J., 1997, Boron toxicity, *Plant and Soil*, 193: 181-198.
- Parr, A.J., Loughman, B.C., 1983, Boron and Membrane Functions in Plants. In D.A. Robb & W.S. Pierpoint, (Eds.), *Metals and Micronutrients: Uptake and Utilization by Plants* Annu. Proc. Phytochem. Soc. Eur. No. 21; 87-107. London: Academic Press.
- Schon, M.K., Novacky, A., Blevins, D.G., 1990, Boron induces Hyperpolarization on Sunflower Root Cell Membranes and Increases Membrane Permeability to  $K^+$ , *Plant Physiol.*, 93: 566-571.
- Witham, F.H., Blayles, D.F., Levlin, R.M., 1971, *Experiments in Plant Physiology*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 55-56.

Yürekli, K., Güven, A., Görk, G., 1974, Spektrofotometre ile Hormonların Kantitatif Tayinleri Üzerinde Çalışmalar, Bitki, 1: 60-68.